Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Arago, Dominique François, / Hankel, Wilhelm Gottlieb, / Humboldt, Alexander <<von>>,

Franz Arago's sämmtliche Werke

Bd.: 7

Leipzig 1860

Opp. 215 n-7
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10602944-3

Opp. 215 n/7

105
16

Franz Arago's sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Siebenter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1860.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Verzeichniß der Figuren

des siebenten Bandes.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Wissenschaftliche Aufsätze.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Ueber das Funkeln der Sterne.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Erscheinungen am Firmamente, welche sich einer genauen Maaßbestimmung entziehen, erregen heutzutage kaum die Aufmerksamkeit der Astronomen. In früherer Zeit war dies anders: als Beleg kann die Zusammenkunft gelten, zu welcher Keppler den Simon Marius nach Frankfurt einlud, um über das Funkeln der Sterne zu berathen.

Es gibt wenige Phänomene, die sich häufiger darbieten, als das der Scintillation oder des Sternefunkelns, und man darf hinzusetzen, es gibt keines, dessen Ursache mehr im Dunkeln liegt. Ich habe mich bemühet, dieselbe aufzufinden, ohne mich durch die fehlgeschlagenen Versuche meiner Vorgänger entmuthigen zu lassen.

Anfänglich war meine Absicht, in diesem Aufsatze meinen persönlichen Beitrag auf die Darstellung der neuen Theorie zu beschränken, welche ich von der Scintillation liefern zu können glaube, und aus den vorhandenen astronomischen Werken die Beschreibung und die Geschichte dieser Erscheinung zu entlehnen; allein wider meinen Willen sah ich mich bald zur Aenderung dieses Planes genöthigt. Die Geschichte der Astronomie von Bailly enthält kaum zwanzig Zeilen über das Funkeln der Sterne*), und in der ausführlichen Inhalts-

*) Bailly, Histoire de l'Astronomie, II, p. 37.

angabe am Schlusse des dritten Bandes kommt das Wort Scintillation nicht einmal vor.

Eben so wenig findet sich dieses Wort in den Inhaltsverzeichnissen der vier großen Quartbände von Montucla's Geschichte.

Lalande widmet der Erscheinung des Sternefunkelns ungefähr anderthalb Seiten in den drei Quartbänden seiner Astronomie, aber ohne eine scharfe und genaue Definition zu geben.

Andere einschlagende Werke sind weder genauer noch ausführlicher.

Die erwähnten Umstände haben mich bestimmt, die Notizen, welche ich bei meiner Lectüre nach und nach gesammelt hatte, zusammenzustellen und zu ordnen. Durch ihre Veröffentlichung denke ich wenigstens den Gelehrten, die über den vorliegenden Gegenstand schreiben wollen, manche mühsamen Nachsuchungen und eine Arbeit zu ersparen, der ein Autor nur dann sich unterzieht, wenn er bei der Behandlung eines bestimmten Stoffes seinen Vorgängern volle Gerechtigkeit widerfahren lassen will.

Zweites Kapitel.

Worin besteht das Phänomen der Scintillation?

Eine richtig gestellte Frage, sagt ein altes Sprüchwort, ist die halbe Auflösung. Weil man das Wort Scintillation scharf zu definiren versäumte, sind so viele berühmte Gelehrte in der von ihnen versuchten Erklärung dieser Erscheinung vollständig irre gegangen; um nicht in den nämlichen Fehler zu verfallen, geben wir zuerst ohne Zweideutigkeit an, was wir unter Scintillation verstehen, und wenden uns alsdann zur Untersuchung ihres Grundes.

Für Jemand, der den Himmel mit unbewaffnetem Auge betrachtet, besteht die Erscheinung des Sternefunkelns, die Scintillation, in sehr rasch auf einander folgenden Aenderungen im Glanze der Sterne. Diese Aenderungen sind in der Regel, ja fast immer, von einem Wechsel in der Farbe und von einigen secundären Erscheinungen begleitet, welche als unmittelbare Folgerungen jeder Zu- oder Abnahme der Intensität auftreten, wie z. B. beträchtliche Aenderungen in dem schein-

baren Durchmesser der Gestirne, oder in der Länge der divergirenden Strahlen, welche nach verschiedenen Richtungen von ihrem Mittelpunkte auszugehen scheinen.

Drittes Kapitel.

Von dem plötzlichen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren Farbenwechsel der Sterne.

Da die plötzlichen Farbenveränderungen, welche mit dem Sternefunkeln verbunden sind, eine entscheidende Rolle spielen müssen, um die verschiedenen von dem gedachten Phänomene gegebenen Erklärungen zu prüfen, so wird die Untersuchung von Interesse, ob die Wahrnehmung dieser Aenderungen neu ist, oder bereits den alten Astronomen bekannt war.

Die Beobachtung ist nicht neu.

Als ich mit der Aufsuchung von Belegen für diese Behauptung beschäftigt war, machte mich Herr Babinet darauf aufmerksam, daß eine der von den Arabern dem Sirius beigelegte Benennung, das Wort Barakesch, durch „Stern mit tausend Farben" übersetzt werden kann.

Tycho hatte Farben bei der Scintillation der Sterne bemerkt, und führt in diesem Bezug hauptsächlich das Funkeln des neuen Sternes vom Jahre 1572 an: er vergleicht damit das successive Aufblitzen eines in Facetten geschliffenen Diamanten, der in Gegenwart eines Lichtes gedreht wird. War aber, kann man fragen, die Erscheinung von 1572 die eines gewöhnlichen Sternes?*)

Galilei erzählt, daß der neue Stern von 1604 bei seinem Funkeln successive die eigenthümliche Färbung des Mars und des Jupiter gezeigt habe; auch Keppler spricht von der veränderlichen Farbe desselben Gestirnes.

Nichts ist klarer, in Bezug auf die Scintillation der eigentlichen Fixsterne, als die folgenden, aus Keppler's Astronomiae pars optica entlehnten Stellen:

*) Siehe den ersten Band der populären Astronomie, S. 333 ff.

„Die Sterne im Hund (Sirius) und der Arctur (α arietis), vorzüglich der erstere, erglänzen nach einander in allen Farben des Regenbogens . . . ."

„Arctur, dessen hauptsächliche Farbe röthlich ist, zeigt von Zeit zu Zeit verschiedene Nüancen."

In der Mikrographie von Hooke liest man Seite 218:

„Man kann bemerken, daß die Sterne mit verschiedenen Farben funkeln, so daß sie in gewissen Augenblicken roth erscheinen, zuweilen gelb und dann wieder blau: dies findet sogar statt, wenn die Sterne ziemlich hoch über dem Horizonte stehen."

Auch Michell und Melville, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, sind auf den bei der Scintillation auftretenden Wechsel der Farbe der Sterne aufmerksam gewesen.

Forster (im Philosophical Magazine von 1824) nahm nicht allein Farben wahr, sondern versuchte auch die Perioden ihrer Wiederholung aufzufassen. „Zuweilen", sagt er, „zeigte sich das intensive rothe Licht nach zwei Anschwellungen (dilatations) des Sternes, unter andern Umständen erst nach drei dergleichen, in andern Fällen endlich ohne ein regelmäßiges Gesetz."

Viertes Kapitel.

Von der Scintillation bei Merkur und Venus.

Alle Beobachter, Tycho, Keppler u. s. w. sind darüber einig, daß der Merkur stark funkelt; Gassendi sagt selbst, daß dieser starken Scintillation halber dem Planeten das Beiwort *στίλβων* beigelegt worden sei, welches ein successive erglänzendes Leuchten ausdrückt.

Dieselbe Uebereinstimmung herrscht in Bezug auf das Funkeln der Venus; Tycho, Keppler u. s. w. berichten von dem Scintilliren dieses Planeten, und Scheiner fügt hinzu, daß die Venus weniger bei mittlerem Abstande funkelt, als zu den Zeiten, welche ihrem Apogäum und Perigäum entsprechen.

In Keppler's Astronomiae pars optica findet sich eine Beobachtung aufgezeichnet, wobei die Scintillation der Venus zugleich

direct und durch die Projection ihrer Strahlen auf eine Wand bemerkt wurde.

„Am $^{19}/_{29}$ December 1602, gegen Abend, sah ich durch ein Fenster Venus, welche schon im Abnehmen war..... Der Planet funkelte stark; als ich nach der weißen Wand blickte, auf welche die Strahlen der Venus fielen, gewahrte ich Undulationen, etwa wie wenn der Rauch eine Flamme zu sehen hindert, und zwar mit großer Schnelligkeit und unregelmäßigen Bewegungen..... Ich habe bemerkt, daß diese Lichtundulation in Beziehung zu der am Planeten erscheinenden Scintillation stand.

„Den $^{5}/_{15}$ Juni des Jahres 1603, sandten die Venus und der Mond, der im Alter von drei Tagen stand, ihre Strahlen auf die nämliche weiße Wand..... Die Strahlen der Venus erschienen stark undulirend, die des Mondes hingegen fast gar nicht.“

Fünftes Kapitel.

Scintillation des Mars.

Tycho rechnet Mars unter die schwach funkelnden Sterne.

Keppler sagt, daß geübte Augen im Stande sind, eine geringe Scintillation bei diesem Planeten wahrzunehmen.

Simon Marius ertheilt ihm die erste Stelle nach Mercur und Venus.

Scheiner gibt folgende Beschreibung:

„Mars scintillirt viel und stark, vornämlich in seinem Apogäum.“

Wie soll man nach allen diesen kategorischen Aussprüchen erklären, daß Jacob Cassini auf S. 42 seiner Astronomie versichert, „bei Mars lasse sich keine Scintillation wahrnehmen“?

Cassini hat sich jedenfalls getäuscht, denn Mars funkelt zuweilen in ganz unzweideutiger Weise.

Wir bemerken übrigens in Bezug auf die Scintillation der Planeten, daß kein Astronom, wie bei den Fixsternen, erwähnt, daß das Funkeln mit einer Farbenveränderung verbunden sei; die Erscheinung würde sich folglich in diesem Falle auf eine einfache Intensitätsänderung reduciren.

Nach allen diesen übereinstimmenden Zeugnissen über die Scintillation von Mercur, Venus und selbst Mars könnte man erstaunt sein, daß nach der Behauptung des Kleomedes alles geborgte oder reflectirte Licht jener Art der Vibrationsbewegung, welche wir Scintillation nennen, nicht fähig sein soll, wenn wir nicht wüßten, daß die Alten mit der Natur des Lichtes der Planeten unbekannt waren. Als zu einer gewissen Zeit Keppler sich der Meinung des Kleomedes anschloß, unterwarf er sich damit einer Hypothese, welcher der Verfasser der Astronomiae Copernicanae keineswegs auszuweichen gedachte. Vielmehr sagte und behauptete er, in seinen 1602 veröffentlichten Thesen wahrscheinlich gemacht zu haben, „daß das Licht der Planeten zum Theil ihnen eigenthümlich ist, und nur theilweise von der Sonne kommt.“ Das Funkeln soll bloß durch das ihnen eigenthümliche Licht entstehen: Venus hätte fast nur eigenes Licht, Saturn dagegen fast nur geborgtes.

Scheiner machte eine Bemerkung, welche im Grunde genommen die Ansicht des Kleomedes und die Theorie Keppler's beseitigte; denn wenn man von den imaginären Betrachtungen absieht, in welche ihr Urheber sich verirrt hat, so führt seine Beobachtung auf die wahre physikalische Ursache des von allen Astronomen anerkannten Unterschiedes zwischen dem sehr auffallenden Funkeln des Mercur und der kaum sichtbaren Scintillation von Jupiter oder Saturn.

„Wenn das Bild der Sonne,“ sagt nämlich Scheiner, „von einem vergoldeten Thurmknopfe zurückgestrahlt wird, so scheint dasselbe eine Art zitternder Bewegung zu besitzen, und bald hinauf, bald hinab zu hüpfen.“

Nachdem er diese feine Bemerkung gemacht, denkt Scheiner nicht an den nahe liegenden Umstand, daß die Kleinheit des Winkels, unter welchem das Sonnenbild alsdann dem Auge erscheint, bei der beobachteten Erscheinung eine Rolle spielen könne, sondern bringt ungehöriger Weise den Einfluß der Feuchtigkeit des auf der Oberfläche des Knopfes niedergeschlagenen Thaues, oder leichter Dunstwolken zwischen dem Knopfe und dem Beobachter, damit in Verbindung.

In Hooke's Mikrographie (S. 219) findet sich folgende Bemerkung: „Es ist mir oft aufgefallen, daß das von einer Fensterscheibe reflectirte Licht der Sonne scintillirte."

Diese Wahrnehmung genügt, um zu beweisen, daß die Scintillation bei zurückgeworfenen Strahlen stattfinden kann; allein der berühmte Autor läßt die Bemerkung weg, daß das Bild der Fensterscheibe bei seiner Beobachtung nur unter einem kleinen Winkel erschien.

Sechstes Kapitel.

Scintillation des Jupiter und des Saturn.

Simon Marius zählt den Jupiter unter die Sterne, welche funkeln; Scheiner ist derselben Meinung, indem er sagt: „das Funkeln des Jupiter geschieht blitzweise." Jacob Cassini dagegen versichert, daß Jupiter nie funkelt.

In Kämtz's Meteorologie liest man:

„Wenn die Scintillation der Sterne sehr stark ist, so funkeln die Planeten gleichfalls, wie ich beim Jupiter in der Nähe des Horizonts gesehen habe."

Tycho sagt, daß Saturn gar nicht scintillire, welcher Meinung Roger Baco, Gassendi und Jacob Cassini beipflichten, während Simon Marius und Scheiner widersprechen. Doch erkennen auch die beiden letztgenannten Astronomen an, daß der Saturn unter allen Planeten derjenige ist, bei welchem die Erscheinung am schwierigsten zu beobachten ist.*)

*) Scheiner fügt hinzu: „der Mond funkelt nur selten." Es ist nicht klar, welche Erscheinung Scheiner mit diesen Worten hat bezeichnen wollen, denn was soll man sich unter dem Funkeln des Mondes vorstellen?

Siebentes Kapitel.

Von der Scintillation in Fernröhren.

Man glaubt im Allgemeinen, daß in Fernröhren das Sternefunkeln nicht stattfinde. Obgleich von großen Männern, wie z. B. von Newton ausgesprochen, ist diese Meinung dennoch irrig, wie man sogleich sehen wird.

Der erste Astronom, der zur Beobachtung der Scintillation ein Fernrohr, und selbst ohne Ocular, anwandte, ist Simon Marius. Seine Worte lauten:

„Wer ein gutes Fernrohr unter den Händen hat, der nehme das concave Glas (des Ocular) heraus, und setze sein Auge an die Stelle des entfernten Glases; hierauf richte er das Rohr nach dem Sterne oder dem Planeten, dessen Scintillation er beobachten will.

„Mit Verwunderung wird er folgende Erscheinung wahrnehmen, wofern der Himmel recht klar und die Luft sehr ruhig ist.

„Der Umfang des Körpers der Fixsterne und Planeten wird sehr beträchtlich, und die Scintillation erscheint wie ein Blitzen oder wie ein Sieden der Sternmaterie. Während dieser Zeit sieht man eine Reihenfolge von bestimmten und unterschiedenen Farben in größerer oder geringerer Zahl, je nach dem beobachteten Gestirne. Für solche Sterne, die man bisher etwa von derselben Natur wie Mars gehalten hat, herrscht das Roth über alle anderen Farben vor; während beim Hundsstern die sämmtlichen Farben, grün, gelb, roth und blau, mit nahezu gleichem Glanze und gleicher Stärke in derselben Ordnung auf einander folgen, so daß der Beobachter die tiefste Bewunderung, mit dem lebhaftesten Vergnügen vereint, empfindet.“

„Die Erklärung dieses Phänomens“, fügt der Autor hinzu, „überlasse ich geschickteren Händen.“

Bei Scheiner findet man die folgende Bemerkung: „Wenn man durch eine Converlinse den Sirius betrachtet, so erscheint er zu gewissen Momenten ganz ausgelöscht und wie verfinstert; darauf leuchtet er plötzlich von Neuem auf.“

Mit unbewaffnetem Auge durch ein convexes Glas blicken, wie Scheiner vorschreibt, heißt das Nämliche, als durch ein Fernrohr mit weggenommenem Oculare sehen, wie Simon Marius gethan hat.

Wäre der Versuch nicht mit achromatischen Objectiven wiederholt worden, so könnte man annehmen, daß bei den Beobachtungen von Marius und von Scheiner die beobachteten Erscheinungen mit der mangelnden Unverrückbarkeit des Auges, beim Vorhandensein einer Reihe verschieden gefärbter Brennpunkte, in Verbindung standen.

Hooke erzählt, S. 218 seiner Mikrographie, daß er durch ein Fernrohr kleine Sterne habe funkeln sehen wie die kleinen mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sterne; doch erwähnt Hooke an der angeführten Stelle keine Farbenerscheinung.

Ich komme zu einer im Jahre 1813 publicirten Beobachtung von Nicholson.

Um zu beweisen, daß die Sterne im Fernrohr scintilliren, nimmt der genannte Autor ein solches Instrument (achromatisch), und läßt dasselbe vollständig, verschiebt aber das Ocular außerhalb des Brennpunkts; hierauf richtet er es nach einem glänzenden Sterne, dessen Bild dadurch das einer unregelmäßigen Scheibe wird, welche sich der Form eines Kreises mit größerem oder geringerem Durchmesser, je nach der dem Oculare gegebenen Stellung, nähert. Ich lasse die Uebersetzung der Stelle folgen, wo Nicholson die mit dem also hergerichteten Instrumente beobachteten Phänomene beschreibt; dem Leser wird die Analogie, ich möchte sagen die Identität mit den von Simon Marius berichteten Erscheinungen nicht entgehen.

„Die kreisförmige Scheibe des Sternes besitzt ein derartiges Schwanken, daß man eine gewisse Mehrheit von Scheiben successive vor einander aufleuchten zu sehen glaubt. Diese Scheiben sind verschieden gefärbt, und zwar scheint die Erleuchtung von verschiedenen Seiten zu kommen. Blau, stahlblau, erbsengrün, die Farbe des glänzenden Kupfers, roth und weiß, sind die häufigsten Farben."

Jede Theorie der Scintillation, welche den eben beschriebenen Phänomenen nicht gerecht zu werden vermag, wird offenbar als irrig oder als unzureichend zurückzuweisen sein.

Es gibt noch ein zweites, nicht minder instructives Mittel, um das Fernrohr zum Studium des Sternefunkelns anzuwenden. Ich hatte mich desselben bereits seit dem Jahre 1812 bedient; allein da Nicholson die betreffende Methode vor mir veröffentlicht hat (im Jahr 1813), so gebührt ihm ausschließlich die Ehre der Entdeckung. Meine Ansprüche in diesem Punkte muß ich auf einige Folgerungen beschränken, auf welche mich die Anwendung dieser vervollkommneten Methode geführt hat.

Folgen wir zunächst der Darstellung Nicholson's.

„Nachdem ich ein achromatisches Fernrohr von Ramsden mit vier und zwanzigfacher Vergrößerung auf den Sirius gerichtet hatte, während das Ocular in der Entfernung des deutlichen Sehens sich befand, ertheilte ich mit den Fingern der rechten Hand dem Rohre des Instruments leichte, wiederholte Stöße. Das Bild des Sterns im Gesichtsfelde gerieth dadurch in eine tanzende Bewegung, und erzeugte eine leuchtende Linie, der zusammenhängenden Lichtcurve vergleichbar, welche eine glühende, in rasche Bewegung versetzte Kohle beschreibt. Bei jeder Erschütterung bewegte sich der Stern längs einer in sich zurückkehrenden Curve, aber von so unregelmäßiger Gestalt, daß niemals zwei solche aufeinanderfolgenden Linien unter sich zusammenfielen. Die Anzahl der Stöße betrug etwa zehn in der Secunde. Die Curven erglänzten in ihren verschiedenen Theilen mit den lebhaftesten Farben, worunter sich ein grünliches Blau, Stahlblau und ein sehr intensives Braun oder Kupferroth am meisten bemerklich machten. Es schien mir, als wenn jede Farbe etwa ein Dritttheil, oder etwas weniger, von der ganzen Ausdehnung der Linie einnahm. Das Licht des Sirius wechselte demnach deutlich wenigstens dreißig Mal in der Secunde seine Farbe, bevor es zum Auge gelangte.“

Diese numerische Angabe wird vielleicht in Verwunderung setzen.

Man kann bezweifeln, daß Nicholson mit dem Finger seinem Fernrohre zehn Erschütterungen in einer Secunde mitzutheilen im Stande war; aber wenn die Zahl dieser Vibrationen auch nur sechs oder sieben betragen hätte, so wäre das Resultat darum nicht minder merkwürdig.

Es folgt offenbar aus einem Versuche, welcher darthut, daß ein Stern sich uns im Allgemeinen nur mit einem Theile seines Lichtes zeigt, daß eine nothwendige Wirkung der Scintillation in der Schwächung der Bilder der Sterne besteht. Es geschieht sehr selten, daß diese Gestirne uns mit ihrem vollen eigenthümlichen Glanze erscheinen: Sterne, welche man zur sechsten Größe rechnet, weil sie von Zeit zu Zeit mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind, können also für gewöhnlich verschwinden; dagegen kann ein Stern, der zur siebenten Größe gezählt wird, weil er in der Regel unsichtbar ist, wahrnehmbar werden, sobald das Phänomen der Scintillation ganz für ihn aufhört.

Hooke hat sich überzeugt, daß in Bezug auf gewisse Sterne von der sechsten und siebenten Größe das angedeutete Verhältniß in der That stattfindet.

Man sieht daraus, welche Schwierigkeit die Erscheinung der Scintillation für die photometrischen Messungen darbieten muß, welche die Bestimmung des relativen Glanzes der verschiedenen Sterne des Firmamentes zum Zwecke haben.

Es schien mir von Interesse, zu untersuchen, von welcher Größenclasse an die verschiedenen Theile des zu einem Lichtstreifen entwickelten Bildes eines funkelnden Sternes aufhören würden, farbig zu erscheinen. Herr Goujon, der auf meine Bitte den Versuch angestellt hat, fand, daß die Farben noch hervortreten, wenn man einen Stern sechster Größe beobachtet, während bei der siebenten Größe keine Spur davon übrig bleibt.

Nicholson hatte nur den Sirius beobachtet.

Ich habe eine dritte Methode entdeckt, um die Scintillation mit Hülfe des Fernrohrs zu untersuchen, und will sie im Folgenden beschreiben.

Seit man Fernröhre anwandte mit kleinen natürlichen Oeffnungen, — oder noch besser mit verkleinerten Oeffnungen, indem man vor dem Objective einen mit einem kreisrunden Loche versehenen Deckel anbringt, — hätte man bei passender Entfernung vom Focus sehen können, daß das vergrößerte Bild des Sternes in der Mitte von einem regelmäßigen dunkeln Loche durchbohrt war. Ich finde jedoch in keiner Schrift eine derartige Beobachtung angeführt. Allerdings steht in den

Werken von Simon Marius und von Scheiner eine auf das gleichzeitige Auftreten mehrerer Löcher bezügliche Bemerkung; allein diese erwähnten Löcher sind unregelmäßig und nicht in der Mitte der Bilder befindlich. Beide Astronomen schreiben sie den Unvollkommenheiten der Glasmasse des Objectivs zu.

In der That sagt Marius ausdrücklich:

„Die Scheiben der Fixsterne und der Planeten erscheinen in jeder Stellung des Oculars von mehreren Löchern durchbohrt, was von der Beschaffenheit des converen Glases herrührt.“

Scheiner gebraucht nahe die nämlichen Ausdrücke.

Die dunkeln Löcher, deren Marius und Scheiner gedenken, existiren auch für gewisse Augen in den undeutlichen Bildern der Sterne und irdischer Lichtpunkte, die ohne Gläser beobachtet werden, jedoch mit der besondern Eigenthümlichkeit, daß die Anzahl und die Stellung dieser Löcher häufig von einem Tage zum anderen wechseln. Von dieser Erscheinung ist aber hier nicht die Rede: das von mir betrachtete Phänomen ist constant, vollkommen regelmäßig, und bleibt für alle Augen dasselbe. Die Beschreibung, welche ich jetzt folgen lasse, weicht von der in den Annales de chimie et de physique im Jahre 1824 von mir gegebenen *) kaum ab.

Wenn man vor dem Objective eines achromatischen astronomischen Fernrohrs einen mit einer kreisförmigen Oeffnung von kleinem Durchmesser — etwa 3 bis 4 Centimeter — versehenen Schirm oder Deckel anbringt, so sind die Bilder der Sterne im Focus rund, scharf begrenzt und von einer Reihe sehr feiner und dicht gedrängter, abwechselnd heller und dunkler Ringe umgeben. Der Glanz dieser Ringe variirt unablässig an den verschiedenen Theilen ihres Umfangs: oft kommt es an einigen Punkten zum gänzlichen Verschwinden.

Schiebt man nun, während Alles in demselben Zustande bleibt, das Ocular ganz allmälich weiter ein, so sieht man das Bild des Sternes nach und nach größer werden, und bald entsteht im Mittelpunkte ein schwarzer, runder, scharf begrenzter Flecken, ein wahres dunkles

---

*) Annales de chimie et de physique, Bd. 26, S. 431; siehe den Anhang zu diesem Aufsatze.

Loch. Der Abstand vom Brennpunkte, bei welchem dieser Flecken auftritt, ändert sich mit dem Durchmesser der vor das Objectiv gestellten Oeffnung.

Eine neue Verschiebung des Oculars in demselben Sinne hat zunächst eine Erweiterung des dunkeln Fleckens zur Folge, und hierauf die Bildung einer kleinen leuchtenden Scheibe in der Mitte des Loches. Vom Centrum nach der Peripherie gerechnet wird also das Bild des Sterns dann bestehen: aus der leuchtenden Scheibe, einem breiten dunkeln Ringe, und aus einem breiten Lichtringe. In einer dritten Stellung des Oculars, noch näher dem Objective, wird die Mitte des Bildes wieder dunkel sein; dem breiten glänzenden Ringe, der dieses Centrum umgibt, folgt alsdann ein dunkler Ring, an den sich seinerseits ein leuchtender Ring schließt.

Jedermann wußte, daß man in einem Fernrohre dem undeutlichen Bilde eines Sterns durch die einfache Verschiebung des Oculars immer mehr wachsende Dimensionen geben kann; allein es ist mir nicht bekannt, daß man schon bemerkt hätte, sobald die Dimensionen des Objectivs für eine bestimmte Brennweite hinlänglich verkleinert werden, daß in der Mitte des Bildes während dieser Verrückung periodisch eine dunkle oder eine helle, kreisrunde und scharf begrenzte Scheibe entsteht.

Nehmen wir für einen Augenblick an, daß das Ocular des Fernrohrs sich in einer der Lagen befinde, wo das Centrum des Sternbildes, noch ganz dunkel, im Begriffe ist, bei weiterer Verschiebung leuchtend zu werden. Wenn der Stern nicht scintillirt, so wird alsdann die Gestalt des Bildes constant bleiben; bei leichter Scintillation dagegen erscheint in der Mitte des schwarzen Fleckens von Zeit zu Zeit ein kleiner leuchtender Punkt, als wenn man in diesem Augenblicke das Ocular ein wenig hineingeschoben hätte. Ist das Funkeln lebhaft, so sind die Veränderungen dieser Art continuirlich.

Wie man weiter unten sehen wird, lassen alle diese Umstände aus der von mir aufgestellten Erklärung des ganzen Phänomens sich einfach ableiten.

Ich habe schließlich nur eine Bemerkung hinzuzufügen. Die annähernde Bewegung des Oculars nach dem Objective ist als ein Mit-

tel angezeigt worden, um in der Mitte des Bildes nach einander schwarze und leuchtende Flecken entstehen zu lassen. Entfernt man das Ocular vom Objectiv, so treten analoge Wirkungen ein: dieselben haben aber geringere Schärfe, und werden durch einige Farbenerscheinungen complicirt. Brewster hat in seiner Abhandlung über die astronomischen Instrumente (on new philosophical instruments) angegeben, daß die kreisförmigen Bilder der Sterne, oder die Schnitte der im Brennpunkte eines Fernrohrs sich vereinigenden Strahlenkegel, niemals weder so deutlich, noch so scharf jenseit des Focus sind, als vor der Kreuzung der Lichtstrahlen. Ich erinnere an die Wahrnehmung des berühmten schottischen Physikers, um daran die Bemerkung zu knüpfen, daß sie zu den vorstehenden Beobachtungen in keiner Beziehung steht: Brewster spricht in der That von den Umrissen des Bildes, während ich die Aufmerksamkeit des Lesers nur auf die Veränderungen, welche in seinem Centrum vorgehen, habe lenken wollen.

Achtes Kapitel.

Ueber den Einfluß der Oscillationen auf die in den Fernröhren erzeugten Bilder.

Da es Manchem etwas schwer fällt zu begreifen, wie unserer Annahme im vorhergehenden Kapitel zufolge, eine kleine, dem Tubus eines Fernrohrs mitgetheilte Erschütterung das äußerst concentrirte Bild eines Sternes in einen langen Lichtstreifen auflösen soll, so will ich einige Erläuterungen über diesen Punkt beifügen.

Ein wohleingerichtetes Fernrohr besteht aus zwei Linsen, Objectiv und Ocular genannt, deren Axen sich dergestalt entsprechen, daß die eine in der Verlängerung der anderen liegt.

Das Bild eines Sternes, den ich der Einfachheit halber als unbeweglich annehmen will, wird sich immer in der Richtung der den Stern und den Mittelpunkt des Objectivs verbindenden Linie erzeugen.

Wenn diese Verbindungslinie das Objectiv senkrecht trifft, mit anderen Worten, wenn sie mit seiner Axe zusammenfällt, so erscheint das Bild in der Mitte des sogenannten Gesichtsfeldes des Fernrohrs.

Im entgegengesetzten Falle wird das Bild mehr oder weniger excentrisch, je nachdem die Axe des Objectivs und der vom Stern kommende Lichtstrahl mehr oder weniger gegen einander geneigt sind.

Setzen wir nun voraus, daß die zur Bildung des Focalbildes beitragenden Strahlen bei ihrem weiteren Verlaufe aus dem Fernrohr austreten, und vermöge der Wirkung des Oculars unter sich parallel in das Auge des Beobachters gelangen, so müssen dieselben zugleich der Verbindungslinie zwischen dem Bilde und der erwähnten Ocularlinse parallel sein. Es ist offenbar, daß die Richtung dieser Linie, oder des parallelen Strahlenbündels, welches das Auge trifft, den Punkt auf der Netzhaut bestimmt, wo sich schließlich der Stern abbildet.

Wir wollen jetzt annehmen (während das Fernrohr unbeweglich bleibt, die Strahlen des Sterns senkrecht auf das Objectiv fallen, und das Bild im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes erscheint), daß dem Oculare eine horizontale Bewegung von der Rechten zur Linken, oder umgekehrt mitgetheilt werde. Jeder Stellung desselben wird auf der Netzhaut ein von dem ursprünglichen Bilde mehr oder weniger entferntes Bild entsprechen, welches aber immer in horizontaler Richtung neben jenem sich befinden muß.

Wenn endlich die Bewegung des Oculars nach ihrer ganzen Ausdehnung in einer kürzeren Zeit vollendet wird, als zum Verschwinden jedes einzelnen Bildes des Sterns erforderlich ist, (in weniger als einer Siebentel Secunde, nach den Experimenten von d'Arcy), so wird der Stern als eine continuirliche horizontale Lichtlinie erscheinen.

Eine Verticalbewegung des Oculars würde eine continuirliche verticale Lichtlinie erzeugen, und eine geneigte Linie einer geneigten Bewegung entsprechen. Folglich wird auch eine hinreichend rasche krummlinige Bewegung des Oculars den Stern in einen krummlinigen und continuirlichen Lichtstreifen umwandeln.

Die oben beschriebenen Bewegungen haben einzig in der Verrückung des Oculars in Bezug auf das Bild im Brennpunkte bestanden; man kann aber genau dieselbe Verrückung hervorbringen, wenn man die Axe des Fernrohrs successive auf einen Punkt links oder rechts vom Stern richtet, wenn man etwas zu hoch oder etwas zu tief visirt,

u. s. w. Diese Verrückungen bewirken in der That, daß das Bild des Sternes links, rechts, oben, unten u. s. w. in Bezug auf das Centrum des Fernrohrs oder Gesichtsfeldes, wo es ursprünglich war, entsteht: die Lage des Bildes im Raume bleibt allerdings constant, dagegen entfernen oder nähern sich die Wände des Fernrohrs, auf der einen oder der anderen Seite, dem Orte des Bildes, dem Sinne der mitgetheilten Bewegung entsprechend; und wenn man sich erinnert, daß das Ocular jetzt auf eine unveränderliche Weise mit dem Fernrohre verbunden gedacht wird, so daß die Verlängerung seiner Axe beständig mit der Axe des Tubus zusammenfällt, so wird man begreifen, wie jede Ortsveränderung des Bildes in Bezug auf irgend einen Theil des Tubus, nothwendigerweise von einer entsprechenden relativen Ortsveränderung des Oculars in Bezug auf dasselbe Bild begleitet sein muß, und daß diese Verrückungen den nämlichen Effect haben werden, als ob, bei festem Bilde, das Ocular sich bewegt hätte.

Wenn man darauf ausgeht, diese Bewegungen regelmäßig zu machen, um dadurch Messungen an der Stelle der einfachen Wahrnehmung zu ermöglichen, so werden die Mechaniker zu entscheiden haben, ob regelmäßige, rasch auf einander folgende Verrückungen des Oculars mechanisch nicht leichter zu erzielen sind, als Oscillationen des Fernrohres.

Neuntes Kapitel.

Funkeln die Sterne, ohne Rücksicht auf ihre Größe, auf gleiche Weise, wenn sie in derselben Höhe über dem Horizonte stehen? oder finden im Gegentheil, in Bezug auf die Scintillation, specifische Unterschiede statt zwischen Sternen von derselben oder von verschiedener Größe?

Roger Baco sagt, daß nicht alle Sterne funkeln, so wie daß die Erscheinung vorzugsweise bei den helleren Sternen gefunden wird, und fügt hinzu, „daß eben so wie ein zu schwacher Glanz zur Wahrnehmung der Scintillation nicht ausreicht, ein zu lebhafter Glanz den Gesichtssinn überreizt und ihn ganz absorbirt, dergestalt daß das Funkeln oder Flackern nicht mehr bemerkt wird.“

Scaliger rechnet die Größe eines Gestirnes unter die Zahl der Ursachen, welche seine Scintillation begünstigen.

Keppler führt zur Unterstützung dieser Bemerkung den neuen Stern von 1604 an: „Zu Anfang, sagt er, entsprach sein Glanz dem Maximum seiner Größe; dann nahm er ab, und seine Scintillation ward schwächer.“

In diesen Worten herrscht ein wenig Unklarheit, denn im Jahre 1604 besaß kein Beobachter ein Mittel, um die Größe des neuen Sterns zu messen. In angemessener Auslegung kann die Beobachtung Keppler's nur heißen: das Funkeln des Sternes von 1604 nahm mit seinem Glanze ab.

Gassendi bestätigt, daß die kleinen Sterne weniger funkeln, als die großen.

Hooke (S. 218 der Mikrographie) spricht von der Scintillation der Sterne sechster Größe.

„Diese Scintillation“, fügt er hinzu, „führt von Zeit zu Zeit ihr völliges Verschwinden herbei.“

Keppler sagt in seinem Werke über den neuen Stern von 1604, daß nicht alle Sterne in gleichem Grade scintilliren, auch wenn ihre Größe und ihre Höhe über dem Horizonte die nämlichen seien.

In der Schrift Astronomiae pars optica charakterisirt Keppler die in Rede stehenden Unterschiede in folgenden Worten:

„Sirius zeigt stärkere Scintillationen mit größeren Intervallen als Arctur......

„Sehr rasche Scintillationen beobachtet man im Herzen des Scorpions (Antares), sehr langsame dagegen nimmt man im Auge des Stiers (Aldebaran) wahr. Capella und Wega haben denselben Glanz; dennoch unterscheidet man keine Farbenwechsel in der Leier, während sie in der Ziege sehr zahlreich sind, besonders die Purpurfarbe.“

Lalande behauptet, daß α leonis (Regulus) mehr scintillirt, als die Aehre der Jungfrau (Spica), obgleich der letztere Stern ihm etwas heller als der andere erscheint.

Forster hat seine Aufmerksamkeit vorzugsweise auf die Erscheinung des Farbenwechsels gewendet, welche mit der Scintillation wohl iden-

tisch sein könnte, und führt unter verschiedenen Sternen die folgenden Unterschiede an:

„Antares, *α* Orionis (Betelgeuze) und einige andere rothe (?) Sterne zeigen die Farbenänderungen mit großer Intensität, vor allen Antares; während dieselben schwach sind beim Sirius und bei anderen weißen, glänzenden Sternen. Man bemerkt keine Farben beim Procyon, nur schwach bei Capella, und dagegen sehr beträchtlich bei *α* Lyrae und Arctur. Der Antares bleibt jedoch der Stern, welcher sie am deutlichsten zeigt."

Wie man sieht, findet eine augenfällige Differenz zwischen den Resultaten von Keppler und von Forster statt. Ersterer bezeichnet Wega als einen Stern, bei dem keine Farbenwechsel wahrgenommen werden, während der Letztere dieselbe zu den Sternen rechnet, wo diese Veränderungen mit der größten Intensität auftreten. Eben so widersprechend sind die Angaben Beider in Bezug auf Capella: nach Keppler scintillirt dieser Stern stark, nach Forster dagegen wenig, was mir den Thatsachen zuwider scheint.

Diese Abweichungen und Widersprüche werden nicht eher verschwinden, als bis man ein Scintillometer erfunden hat; weiter unten werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Ich glaube indessen nicht, daß man auf die Erfindung eines Scintillometers zu warten nöthig hat, um sich über eine Behauptung von Scheiner auszusprechen, nach welcher das Scintilliren um so intensiver sein soll, je nördlicher der Stern steht. Es bedarf in der That keines Instruments, um die Versicherung zu wagen, daß die Unterscheidung zwischen den nördlichen und südlichen Sternen ohne allen Grund ist.

Zehntes Kapitel.

Ueber den angenommenen Einfluß der Entfernung der Gestirne auf ihre Scintillation.

Copernicus glaubt an den Einfluß der Entfernung der Gestirne auf ihre Scintillation, wie aus folgender Stelle seines Werkes hervorgeht: *)

*) De revolutionibus orbium coelestium, Buch 1. Kap. 10.

„Daß ein ungeheurer Abstand zwischen Saturn, dem entferntesten unter den Planeten, und der Sphäre der Fixsterne sein muß, geht aus der Scintillation der letzteren hervor, denn diese ist ein Hauptmerkmal, welches sie von den Planeten unterscheidet.“

Kopernicus hatte offenbar das Scintilliren bei keinem Planeten beobachtet. Aber wenn Tycho gleichfalls behauptet, daß das Funkeln der Gestirne von ihrer Entfernung abhängig ist, und in seinen Progymnasmatis, bei Gelegenheit des neuen Sternes von 1572 sagt:*) „die schöne glänzende Scintillation dieses Gestirnes beweist, daß sich dasselbe in der höchsten und unermeßlichen Region der Fixsterne befand, und folglich sehr weit von derjenigen, wo die Planeten ihre Revolutionen vollenden“, so fragt man sich, wie Tycho diese Worte mit den über das Funkeln von Mercur und Venus von ihm selbst angestellten Beobachtungen zu vereinigen vermochte.

Was Keppler betrifft, so glaubt er aus der Bemerkung, daß während die nahen Planeten Mercur und Venus stark funkeln, die entfernteren Jupiter und Saturn nicht scintilliren, den Beweis ableiten zu können, daß die Distanz keinen Einfluß auf das Funkeln der Sterne hat. Indeß vergißt Keppler bei dieser Schlußfolgerung den Gesichtswinkel des leuchtenden Objects, welcher von Einfluß sein kann, und in der That eine Hauptrolle spielt.

Elftes Kapitel.

Welche Modificationen erfährt die Scintillation durch die atmosphärischen Zustände?

„Wenn die Atmosphäre feucht und von stürmischem Winde bewegt ist,“ sagt Keppler (Stella nova), „so haben die Gestirne einen lebhaften Glanz; sie erscheinen groß, und ihre Scintillation ist von gesteigerter Intensität.“

An einer anderen Stelle drückt er sich folgendermaßen aus: „Es ist falsch, daß die Scintillation durch Veränderungen in der Atmosphäre bedingt werde.“

---

*) Progymnasmata, Bd. 1. Kap. 6. S. 401.

Scheiner versichert ebenfalls beobachtet zu haben, daß die Erscheinung des Sternefunkelns bei feuchtem Wetter mehr hervortritt, als bei Trockenheit.

Um die Vorstellung zu bekämpfen, als hänge die Scintillation von Dünsten oder Dämpfen ab, die in der Atmosphäre verbreitet sind, bemerkt Mussschenbroek, daß in Holland, „bei ausnehmender Kälte, wenn der Frost intensiv und das Wetter heiter ist im Winter, alle Sterne sehr lebhaft scintilliren.“

A. v. Humboldt berichtet, daß der Beginn der Regenzeit unter den Tropen mehrere Tage zuvor durch das Funkeln der höheren Sterne angezeigt wird.

Biot sagt, die Scintillation werde hauptsächlich bei herannahendem Regen, wenn eine lange Trockenheit vorhergegangen ist, beobachtet. „Das Zittern der Sterne“, fügt er hinzu, „ist dann so auffallend, daß es ein Signal für die Matrosen wird.“*)

In Kämtz's Meteorologie findet sich folgende Bemerkung:

„Am stärksten jedoch ist das Funkeln nach meinen Erfahrungen, wenn in den obern Regionen der Atmosphäre lebhafte Winde wehen, wie man namentlich an der Schnelligkeit der Wolken erkennt, und wenn dabei heiterer und bewölkter Himmel in kurzer Zeit wechseln.“

Ich will jetzt die Beobachtungen zusammenstellen, aus denen hervorzugehen scheint, daß an gewissen Orten und zu gewissen Jahreszeiten, die Sterne nur wenig oder gar nicht scintilliren.

La Condamine behauptet gefunden zu haben, daß in dem Theile von Peru, wo es nicht regnet, die Scintillation geringer ist, als in unseren Klimaten.**)

Garcin berichtete der Akademie der Wissenschaften, im Jahre 1743, daß in Bender-Abassi, am persischen Meerbusen, während der außerordentlichen Trockenheit, welche im Frühling, Sommer und Herbst in diesem Hafen herrscht, die Sterne nicht funkeln. „Ihr Licht“, sagt er, „ist rein, fest und glänzend, ohne eine Spur von Flackern.

---

*) Traité d'astronomie physique, dritte Ausgabe, Bd. 1, S. 289.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, 1743, S. 31.

Erst in der Mitte des Winters wird die Scintillation, obgleich nur sehr schwach, bemerkbar."*)

Garcin fügte hinzu, daß er unter gleicher Breite mit Bender, aber in einem feuchten Klima, in Bengalen die Sterne habe funkeln sehen.

Nach der Rückkehr von seiner Reise nach Ostindien versicherte Le Gentil, daß in den Monaten Januar und Februar, zu Pondichery die Sterne keine Scintillation besitzen.**)

Beauchamp schrieb an Lalande, daß in Bagdad die Sterne nicht mehr funkelten, sobald sie eine Höhe von 45 Graden über dem Horizonte erreicht hätten.

Wenden wir uns jetzt zu den Werken von Alexander v. Humboldt, diesem berühmten Gelehrten, dessen Scharfblicke auf seinen Reisen Nichts entgangen ist, so werden wir etwas weniger kategorische Angaben, als die vorhergehenden finden, welche gerade aus diesem Grunde mehr Zutrauen einflößen müssen.

Zu Anfang April, an den Ufern des Orinoco, bei einer sehr feuchten Atmosphäre, konnte man kein Scintilliren der Sterne wahrnehmen, selbst nicht bei einer Höhe von 4 bis 5 Graden über dem Horizonte.***)

Im Thale von Tuy in Venezuela, unter 10° 17′ nördlicher Breite, sah Humboldt trotz einer ausnehmenden Trockenheit die Sterne funkeln bis zu 80° Höhe.****)

In der Regel ist in Cumana die Scintillation nicht merkbar, wenn die Höhe der Sterne 25 Grade übersteigt. Als indessen am 24. und am 26. October das hunderttheilige Thermometer rasch auf 23 Grad gefallen war, ward das Funkeln bis zum Zenith hinauf sehr auffallend. Humboldt glaubt im Allgemeinen, daß in dieser besonderen Localität das Phänomen sich weniger unter dem Einflusse der Feuch-

*) Garcin sagt, daß in Bender-Abassi Frühling, Sommer und Herbst vergehen, ohne daß eine Spur von Thau fällt.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, 1771, S. 264.

***) Relation historique, Bd. 2, S. 236.

****) Ebendas. Bd. 2. S. 48.

tigkeit offenbart, als vielmehr infolge einer plötzlichen Abkühlung der Atmosphäre. Die Hauptursache würde demnach in der Mischung auf- und absteigender Luftströmungen von verschiedenen Temperaturen zu suchen sein. *)

Ussher sagte im Jahre 1788: „Ich habe immer bemerkt, daß die Nordlichter die Bilder der Sterne in den Teleskopen auffallend undulirend machen." **)

Necker de Saussure versichert, daß in Schottland die Sterne nicht funkeln, es müßte denn ein Nordlicht am Himmel stehen.***)

Dieses höchst auffällige Resultat verdient in jeder Beziehung die Aufmerksamkeit der ausgezeichneten Beobachter, deren es in Schottland so viele gibt, auf sich zu ziehen.

Man wird die laufenden Ansichten über die auf dem Gipfel hoher Berge zu beobachtende Scintillation beträchtlich herabstimmen müssen, wenn man dem Glauben schenken darf, was Saussure von seinen Beobachtungen auf dem Col du Géant berichtet: ****)

Am Col du Géant, sagt der berühmte Naturforscher, war stets eine sehr starke Scintillation bei den Sternen in der Nähe des Horizonts wahrzunehmen, wie z. B. bei Capella. „Den 2. Juli um Mitternacht, zeigten die Sterne der Leier, des Schwans, des Adlers und die mit ihnen gleich hoch stehenden durchaus keine Scintillation; den 6. Juli dagegen (leider ist die Stunde nicht angegeben) sah ich ein starkes Funkeln beim Arctur, ziemlich starkes bei Altaïr, und nur wenig bei Deneb: Wega allein blieb ruhig."

Alle diese Beobachtungen bedürfen der Wiederholung mit Hülfe von Methoden, die Irrthümern weniger unterworfen sind. Erst dann wird man es als eine für die Wissenschaft erworbene Thatsache ansehen

*) Ebendas. Bd. 2. S. 317.

**) Siehe den Aufsatz über das Nordlicht, im 1. Bande der wissenschaftlichen Aufsätze, Arago's Werke, Bd. 4, S. 481.

***) Ebendas. S. 583.

****) Voyage au Col du Géant, Bd. 4, S. 301.

dürfen, daß es Orte, Jahreszeiten, Tage und Höhen gibt, wo die Sterne keine Scintillation erleiden.

Zwölftes Kapitel.

Von der Modification, welche die Höhe eines Sterns über dem Horizonte in Bezug auf die Erscheinung der Scintillation erzeugt.

Scheiner und im Allgemeinen sämmtliche Beobachter, welche von der Scintillation gehandelt haben, sagen, daß die Sterne um so mehr funkeln, je näher sie dem Horizonte stehen.

Dieß ist in so fern wahr, als das Phänomen in der Nähe des Horizonts leichter zu beobachten ist, als in gewissen Höhen über demselben.

Indessen findet man in Hooke's Mikrographie folgende, durch ihre Feinheit bemerkenswerthe Wahrnehmung:

„Man beobachtet, daß die Scintillation in der Nähe des Horizonts bei weitem nicht so rasch und so plötzlich ist, beim Uebergange von einem Zustand des Sterns zum folgenden, als beim Funkeln der dem Zenith nahe stehenden Sterne.“

Dreizehntes Kapitel.

Ist die Scintillation eines Sternes die nämliche für verschieden gestellte Beobachter?

Ueber diese Frage spricht sich Keppler folgendermaßen aus (Astronomiae pars optica):

„Ich habe mehrere Personen angestellt, welche in dem Moment, wo sie eine Veränderung in dem Lichte eines Sternes beobachteten, ein Zeichen gaben. Immer wurde bemerkt, daß die von dem stummen Beobachter wahrgenommene Erscheinung augenblicklich von dem anderen angezeigt wurde.“

Nichts kann schärfer oder bestimmter ausgesprochen sein, als dieses Resultat; dennoch muß ich gestehen, daß wenn ich mir die außer-

ordentlich raschen Veränderungen vergegenwärtige, welche beim Sirius beobachtet werden, ich Mühe habe, die Möglichkeit dieses gewiß sehr interessanten, von Keppler und seinen Mitarbeitern angestellten Versuchs zu begreifen.

Dieser Versuch mag vermuthlich nicht wenig zur Befestigung der Meinung Keppler's beigetragen haben, daß die Scintillation kein atmosphärischer Vorgang sei, sondern daß sie zum wesentlichen Theile von reellen Veränderungen, die in der Substanz der Gestirne sich ereignen, abhänge. Die Wiederholung der Beobachtung würde folglich von Interesse sein, und könnte meines Erachtens etwa in folgender Weise angestellt werden:

Man nehme nicht ein gewöhnliches Fernrohr, sondern ein Heliometer, d. h. ein Instrument, dessen Objectiv in der Mitte durchschnitten ist. Alsdann kann man nach Belieben zwei deutliche und gleichzeitig gesehene Bilder von einem und demselben Sterne erhalten: ein Bild, welches durch die auf die östliche Hälfte des Objectivs fallenden Strahlen erzeugt wird, und ein zweites, den auf die etwas verschobene westliche Hälfte fallenden Strahlen entsprechend. Nach diesem wende man auf die beiden Bilder das oben beschriebene Verfahren an (S. 12), als wir uns mit dem einzigen Bilde eines gewöhnlichen Fernrohrs beschäftigten: beide Bilder werden durch eine leichte Erschütterung des Heliometerrohres sich in zwei Lichtstreifen umwandeln lassen. Ich wage nun vorherzusagen, daß dem Resultate Keppler's entgegen, die beiden Bildstreifen oder Lichtlinien einander unähnlich sein werden, obgleich bei diesem Versuche Strahlen zur Vergleichung kommen, welche ursprünglich nicht um mehrere Fuße, sondern nur um wenige Linien von einander getrennt sind.

Vierzehntes Kapitel.

Von den complementären Farben.

Da die Erklärung, welche ich von der Scintillation zu geben beabsichtige, auf gewissen Eigenschaften des Lichtes beruht, die dem größeren Publicum weniger bekannt sein dürften, so will ich damit

beginnen, diese Eigenschaften dem Leser so anschaulich als möglich vor Augen zu führen. Doch werde ich dieser Auseinandersetzung einige unentbehrliche Notizen über die complementären Farben vorausschicken.

Da alle Sterne des Firmaments beim Vorgange der Scintillation lebhaft farbig erscheinen, so sind unzweifelhaft unter den Strahlen, aus denen ihr Licht besteht, einige, welche alsdann nicht auf das Auge wirken: sei es nun, daß sie im Augenblicke ihres Eindringens in das Sinnesorgan aufgehalten werden, oder daß ihre Wirkung vernichtet wird, bevor sie die Netzhaut treffen, oder auf der Oberfläche dieser Membran selbst. Es wird uns also nützlich sein, zu wissen, welche Farbe das weiße Licht annimmt, sobald einige der dasselbe constituirenden Strahlen abgetrennt werden.

Es gibt mehrere Mittel, um dieses Problem zu lösen; ich führe nur ein einziges an.

Man lege zwei geschliffene Gläser mit großer Brennweite über einander: werden dieselben weißem Lichte ausgesetzt, so erblickt man rings um den Berührungspunkt eine Reihe farbiger Ringe, sowohl im reflectirten als im durchgehenden Lichte. Diese Ringe entstehen infolge der Zerlegung, welche das weiße Licht, der verschiedenen Dicke der zwischen den beiden Linsen enthaltenen Luftschicht entsprechend, erfährt. Der Theil dieses Lichtes, der im reflectirt gesehenen Ringe fehlt, findet sich ganz in dem beim Durchgange erzeugten, wie sich leicht beweisen läßt, wenn man die beiden Reihen von Ringen, welche von zwei gleich intensiven weißen Lichtbündeln herrühren, gleichzeitig ins Auge gelangen läßt. Alsdann verschwindet in der That jede Spur von Ringen: die Ringe des durchgelassenen Lichtes neutralisiren, oder wenn man lieber will, färben die reflectirten Ringe weiß.

Wenn man also die individuellen Farben der correspondirenden Ringe, d. h. der Ringe von gleichem Durchmesser, im zurückgeworfenen und im durchgehenden Lichte gesehen, vergleicht, so erhält man eine Reihe von *complementären* Farben, d. h. von Farben, welche vereinigt weiß erzeugen.

In der Optik Newton's findet sich eine Zusammenstellung verschiedener Ringe im reflectirten und durchgelassenen Lichte, die demselben Durchmesser entsprechen. Folgende Tabelle enthält die Resultate:

	Farben correspondirender Ringe im reflectirten	und im durchgehenden Lichte.
Erster Ring	roth	blau.
Zweiter Ring	roth	blau.
Dritter Ring	roth	grünlichblau.
Vierter Ring	roth	bläulichgrün.
Erster Ring	gelb	violett.
Zweiter Ring	gelb	violett.
Erster Ring	grün	roth.
Zweiter Ring	grün	roth.

Es gibt also verschiedene Gattungen Roth: es existiren Farben, welche, ohne aufzuhören, Roth zu heißen, zu ihrer complementären Farbe Blau, Grünlich-Blau, Bläulich-Grün, oder bloß Grün haben können.

Das Gelb hat zu seiner Complementärfarbe stets Violett.

Wenn nun aus einem Bündel weißen Lichtes eine rothe Elementarfarbe, oder eine Summe von Farben, die nahezu die nämliche Wirkung geben, weggenommen wird, so kann das übrig bleibende Bündel entweder blau, oder blaugrün, oder grün sein. Nimmt man aber aus einem weißen Bündel Gelb oder Violett weg, so ist das was übrig bleibt, resp. violett oder gelb.

Diese Sätze enthalten Alles, was wir für unseren Zweck zunächst bedürfen.

Fünfzehntes Kapitel.

Von den Interferenzerscheinungen und ihren Gesetzen.

Sei O (Fig. 1.) ein Punkt, von welchem homogenes Licht, z. B. Roth ausgeht; A und B zwei reflectirende Spiegel*), welche die gleich hellen Strahlen OA, OB nach dem nämlichen Punkte P einer Fläche oder eines Schirmes hinsenden. Wir nehmen an, daß die Figur OAPB ein Rhombus sei, damit die Länge des von dem einen Strahle durchlaufenen Weges OAP dem Wege OBP gleich werde, welchen der andere Strahl zurücklegt, um gleichfalls von O nach P zu gelangen.

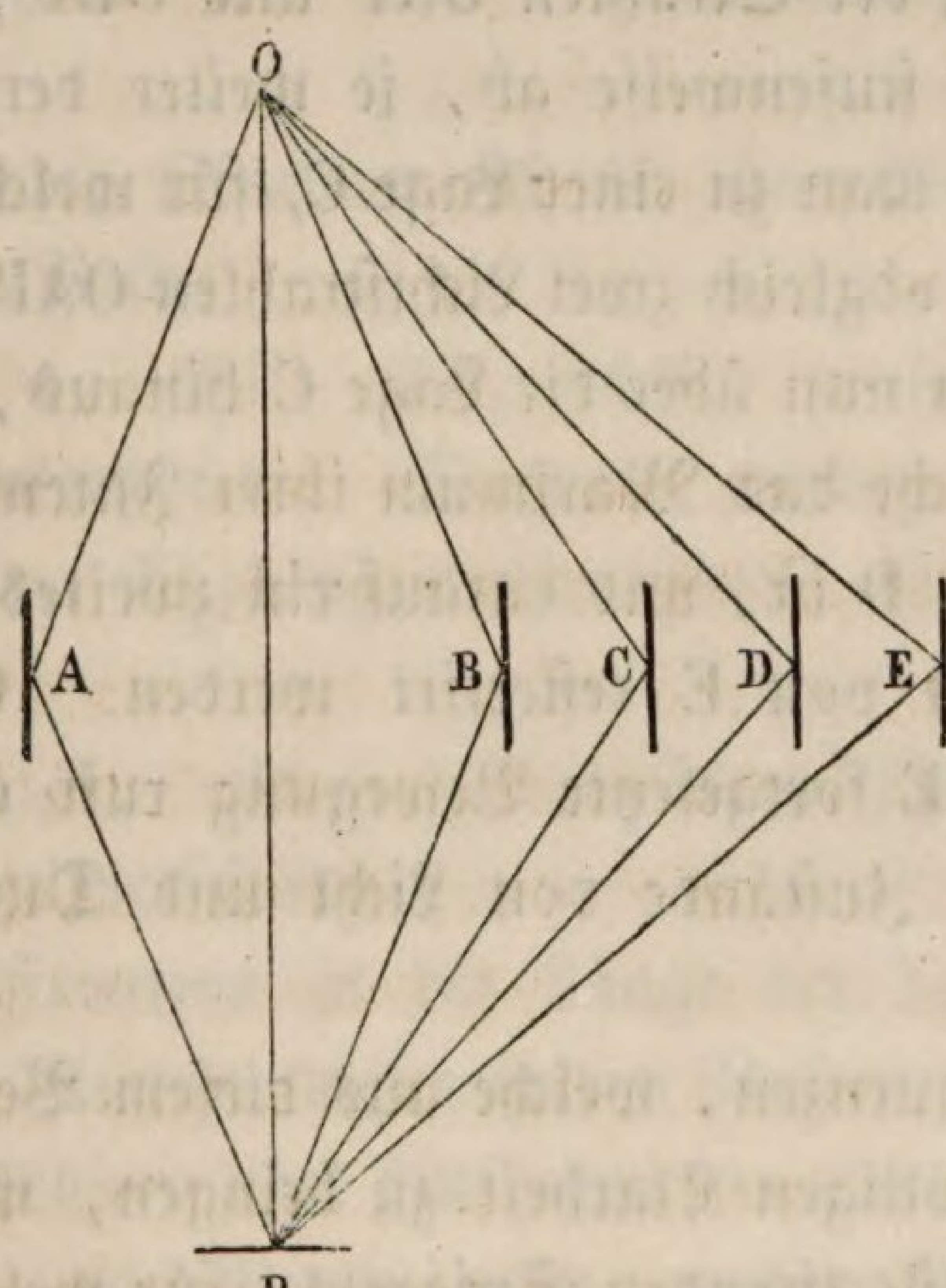


Fig. 1. — Versuch der Interferenzen.

Jeder Strahl für sich genommen erleuchtet den Punkt P auf eine gewisse Art; vereint werden beide Strahlen sicherlich eine größere Helligkeit hervorbringen.

---

*) Die in der Figur gegebene Stellung der Spiegel ist nicht diejenige, deren die Physiker sich gewöhnlich zu bedienen pflegen, um die Interferenzgesetze zu demonstriren. Allein die von mir gewählte Anordnung scheint mir hier geeigneter, um dem an geometrische Betrachtungen wenig gewöhnten Leser die Erscheinungen anschaulich zu machen.

Denken wir uns jetzt, daß der Spiegel B allmälich von der Linken zur Rechten fortrücke, indem er dabei immer sich selbst parallel bleibt. Die Strahlen OC, OD u. s. w., die er in jeder seiner neuen Lagen nach dem Punkt P sendet, werden dabei die Wege OCP, ODP, u. s. w. durchlaufen, welche von OBP, oder was dasselbe ist, von OAP um so mehr verschieden sind, je weiter die jedesmalige Lage des Spiegels von seiner ursprünglichen Stellung in B sich entfernt hat.

Kehren wir zu dieser ursprünglichen Lage zurück, und betrachten aufmerksam P, während der Spiegel B sich allmälich nach Rechts bewegt. Anfänglich war dieser Punkt sehr hell, infolge der gemeinschaftlichen Wirkung der Strahlen OAP und OBP; dann nimmt seine Helligkeit allmälich stufenweise ab, je weiter der Spiegel fortrückt; bald endlich gelangt man zu einer Lage C, für welche in P vollständige Dunkelheit herrscht, obgleich zwei Lichtstrahlen OAP und OCP sich dort kreuzen. Geht man nun über die Lage C hinaus, so entsteht wieder Helligkeit in P, welche das Maximum ihrer Intensität erreicht, wenn der Spiegel z. B. in D ist, und darauf ein zweites Mal verschwindet, sobald die Strahlen von E reflectirt werden. Eine in demselben Sinne auch jenseit E fortgesetzte Bewegung ruft ohne Aufhören von Neuem alternirende Zustände von Licht und Dunkelheit im Punkte P hervor.

Um die Consequenzen, welche aus diesem Versuche unabweisbar hervorgehen, zur völligen Klarheit zu bringen, wollen wir eine der Stellungen C des reflectirenden Spiegels, für welche P völlig dunkel ist, einen Augenblick fixiren, und einen undurchsichtigen Schirm abwechselnd auf die Wege OAP und OCP bringen; wir können uns dadurch überzeugen, daß jeder der beiden Strahlen, für sich genommen, den Punkt P vollkommen erleuchtet: die Dunkelheit entspringt erst aus ihrer Vereinigung.

Zwei von einem und demselben Punkte ausgehende Strahlen homogenen Lichtes können demnach, je nach den Umständen, sich addiren, sich zum Theil zerstören, oder vollständig aufheben: man ist im Stande, wie seltsam dies auch scheinen mag, durch Hinzufügung von Licht zu Licht, Dunkelheit zu erzeugen. Der Vorgang, bei welchem

zwei Strahlen sich addiren oder sich aufheben, wird Interferenz genannt.

Worin bestehen jetzt die Umstände, welche bewirken, daß zwei Strahlen desselben Ursprungs sich addiren, oder sich aufheben? Ich antworte: in den Unterschieden der Länge der von diesen Strahlen durchlaufenen Wege, von ihrem gemeinschaftlichen Ursprunge an bis zu ihrem Kreuzungspunkte auf dem Schirme in P.

Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege Null ist, so addiren sich die Strahlen.

Sei jetzt d die erste, d. h. die kleinste Differenz in der Länge der durchlaufenen Wege, für welche sich die Strahlen von Neuem addiren, also in der Figur der Lage des reflectirenden Spiegels in D entsprechend.

Dann werden die Strahlen sich in ihrer Wirkung addiren für alle in der folgenden Reihe

0, d, 2d, 3d, 4d, u. s. w.

inbegriffenen Wegunterschiede. Dagegen werden sie sich vollständig aufheben oder in ihrer Wirkung neutralisiren, für alle den Gliedern der Reihe

$\frac{1}{2}d$, $d + \frac{1}{2}d$, $2d + \frac{1}{2}d$, $3d + \frac{1}{2}d$, u. s. w.

entsprechenden Gangunterschiede.

Für solche Differenzen in der Länge der durchlaufenen Wege, welche zwischen den Gliedern dieser beiden Reihen enthalten sind, findet ein theilweises Addiren oder Aufheben der Strahlen statt.

Das Resultat der Vereinigung zweier Strahlen liegt dem Maximum des Glanzes, oder ihrer völligen Vernichtung um so näher, je mehr sich der Unterschied in den durchlaufenen Strecken resp. einem Gliede der Reihe:

0, d, 2d, 3d, u. s. w.

oder der anderen Reihe:

$\frac{1}{2}d$, $d + \frac{1}{2}d$, $2d + \frac{1}{2}d$, $3d + \frac{1}{2}d$, u. s. w.

nähert.

Die Größe d, welche die periodischen Zustände der Addition oder der Subtraction zweier Strahlen bestimmt, ändert sich mit der Farbe derselben, was für die geometrische Anschauung so viel sagen will, als:

die Stellungen des nach rechts beweglichen reflectirenden Spiegels in C, D, E u. s. w., welche resp. 1) der ersten Vernichtung der sich kreuzenden Strahlen, 2) ihrer Addition, 3) einer zweiten Vernichtung, u. s. w. entsprechen, sind je nach der Stelle verschieden, die im prismatischen Spectrum die Strahlen, mit denen man operirt, einnehmen.

Die genaue Untersuchung ergibt, daß die Größe d gleich 0,00041 Millimeter ist für die äußersten violetten Strahlen; 0,00049 Mill. für Grünlichblau; 0,00053 Mill. für Gelblichgrün; 0,00060 Mill. für Orangeroth, und 0,00064 Mill. für das äußerste Roth. Die ganze Aenderung von d zwischen dem äußersten Violett und dem äußersten Roth beträgt folglich 0,00023 Millimeter.

Wir wollen jetzt an die Stelle des Punktes O, von welchem das homogene Licht ausging, einen weißes Licht aussendenden Punkt setzen, und dieselbe Reihe von Versuchen wie vorhin beginnen, indem wir den Spiegel B wiederum von der Linken zur Rechten sich bewegen lassen.

In der Anfangsstellung B stimmen die Strahlen von beliebiger Farbe, welche dieser Spiegel zurückstrahlt, mit den vom Spiegel A reflectirten Strahlen überein: der Punkt P ist folglich sehr hell und weiß.

Rückt man nun allmälich von B nach Rechts, so gelangt der Spiegel zunächst nach einer der Vernichtung der violetten Strahlen correspondirenden Stellung: der Punkt P wird alsdann weiß weniger violett, d. i. gelb.

Wenn der Spiegel zu einer der Neutralisation der rothen Strahlen entsprechenden Lage kommt, so wird P weiß weniger roth, oder grün erleuchtet sein, und so fort für alle Zwischenlagen.

Streng genommen müßte man, um die aus der Aufhebung der violetten, rothen u. s. w. Strahlen im Punkt P entstehenden Farben zu bestimmen, die partiellen Schwächungen mit in Rechnung ziehen, welche die in der Reihe der prismatischen Farben den vernichteten Strahlen zunächst liegenden Strahlen erleiden. Denn weißes Licht wird in der That nur durch die Mischung solcher farbigen Strahlen erzeugt, die nicht allein in der Farbe, sondern auch in der Intensität complementär sind. Aber diese feinen Details sind für den Zweck,

den wir im Auge haben, unnöthig: uns genügt hier der Nachweis, daß zwei weiße Strahlen von demselben Ursprunge durch ihre Vereinigung Roth, Gelb, Blau u. s. w. geben können, je nachdem der Unterschied der von diesen Strahlen zurückgelegten Wege von der einen oder der anderen Beschaffenheit ist.

Wenden wir uns zu anderen, nicht minder merkwürdigen Betrachtungen.

Die Differenz der von zwei Strahlen durchlaufenen Strecken ist nicht das einzige Element, durch welches die Art und Weise ihrer Interferenz bestimmt wird: die Beschaffenheit, oder vielmehr das Brechungsvermögen der durchstrahlten Mittel spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei dieser Erscheinung.

Kehren wir zu unserem ersten Apparate zurück, und denken uns auf dem Wege der Strahlen zwei Röhren von gleicher Länge angebracht, deren Enden durch Plangläser von derselben Dicke luftdicht verschlossen sind. Nehmen wir ferner an, daß vom strahlenden Punkte O nur homogenes Licht ausgehe.

Da für beide Strahlen alle Verhältnisse gleich sind, wenn die in den zwei Röhren eingeschlossene Luft die nämliche, also gleich rein und von gleicher Dichtigkeit ist, so werden die Versuche genau ebenso ausfallen, wie mit dem ursprünglichen Apparate; die Einschaltung der beiden Glasplatten, welche die Röhre links schließen, nebst der gleichzeitigen Einschaltung zweier eben solchen Glasplatten für die Röhre rechts, ändern in keiner Weise den Charakter des Phänomens: wenn die homogenen Strahlen, die, von O ausgehend, sich im Punkt P treffen, in Uebereinstimmung sind, so erzeugen sie daselbst eine intensive Helligkeit.

Machen wir nunmehr die Annahme, daß die Röhre des linken Strahles mit einer Luftpumpe dergestalt in Verbindung gesetzt werde, daß sich die Dichtigkeit der in jener Röhre enthaltenen Luft allmälich verringern läßt. Bringt man die Luftpumpe in Gang, so wird der Punkt P alternirend hell und dunkel: hell für eine gewisse Reihe von Luftdichtigkeiten, dunkel für eine andere.

Dabei hat man den wichtigen Umstand wohl ins Auge zu fassen, daß die Reihe der den successiven Aufhebungen oder Verstärkungen der

Strahlen entsprechenden Dichtigkeiten je nach den Farben verschieden ist; daß also eine Dichtigkeit, für welche die rothen Strahlen vernichtet werden, die blauen bestehen läßt. Hieraus folgt, daß wenn der Punkt O, statt homogene Strahlen auszusenden, mit weißem Lichte leuchtet, der Punkt P, während die Luftpumpe in Wirksamkeit ist, so oft man will durch alle prismatischen Farben hindurchgeht: durch Roth, wenn die Dichtigkeit der Luft in der linken Röhre der Neutralisation der grünen Strahlen entspricht; durch Gelb, wenn aus demselben Grunde die violetten Strahlen sich gegenseitig zerstören, u. s. w.

Ich muß hinzufügen, daß diese merkwürdigen Erscheinungen für äußerst kleine Dichtigkeitsunterschiede stattfinden, selbst wenn die Röhren von geringer Länge, z. B. ein Meter lang sind. Bei dieser Länge genügt eine Verminderung von ungefähr einem Millimeter in der Spannung der in der Röhre zur Linken enthaltenen Luft, während der Luftdruck in der anderen Röhre der mittlere von 760 Millimeter bleibt, um von dem Zustande der ungestörten Wirkung zu dem des Verschwindens überzugehen. Dabei würde es eines verhältnißmäßig noch schwächeren Dichtigkeitsunterschiedes bedürfen, wenn die Röhren länger wären.

Bringt man, während Alles in demselben Zustande bleibt, bei gleicher Spannung, in die Röhre links mehr oder weniger feuchte, und in die andere Röhre mehr oder weniger trockene Luft, so ergeben sich in den Interferenzen der sich in P kreuzenden Strahlen vollkommen analoge Wirkungen, wie bei der veränderten Dichtigkeit. Die Anwendung von Alkohol- oder Aetherdämpfen, für sich allein oder mit atmosphärischer Luft gemischt, führt zu ähnlichen Resultaten.

Bei diesen verschiedenen Experimenten sind wir von einem anfänglichen Zustande ausgegangen, wo die von O kommenden Strahlen sich in P trafen, nachdem sie genau gleiche Wege zurückgelegt hatten. An die Stelle dieses Anfangszustandes kann man eine andere Anordnung setzen, welche genau die nämlichen Wirkungen hervorbringt, obgleich die zu durchlaufenden Wege der beiden von O ausgehenden und in P sich vereinigenden Strahlen sehr ungleich sind.

Hierzu genügt es, daß wenn z. B. die Strecke rechts länger ist, als die Strecke links, der letztere Strahl auf seinem Wege eine hin-

reichende Dichtigkeit in einem stärker brechenden Medium findet, als dasjenige ist, welches der Strahl auf der rechten Seite durchdringt.

Die Theorie, welche die Brechungsverhältnisse und die relativen Dichtigkeiten der Mittel, die sich auf diese Weise compensiren oder im Gleichgewichte halten, bestimmen lehrt, so daß zwei Strahlen die nämlichen Interferenzbedingungen erfüllen, als wenn sie vor ihrer Kreuzung beide gleiche Strecken in demselben Medium, sei es im luftleeren Raume, oder in der Atmosphäre u. s. w. durchlaufen hätten, kann man passend als die Theorie der optischen Aequivalente bezeichnen. *)

Sechszehntes Kapitel.

Anwendung der Theorie der Interferenzen auf die Erklärung der Scintillation.

Wir wollen in diesem Abschnitte untersuchen, was aus der Theorie der optischen Aequivalente in Bezug auf die Art und Weise folgt, wie

---

*) Wenn man, statt einen isolirten Strahl, oder vielmehr ein mittelst geeigneter in Diaphragmen angebrachter Oeffnungen auf sehr geringe Querdimensionen reducirtes Strahlenbündel zu Grunde zu legen, zwei divergirende und homogene Strahlenbündel von einem gemeinschaftlichen Ursprunge ausgehen und im Raume sich kreuzen läßt, so wird man zu gleicher Zeit parallele leuchtende Streifen, — aus der Interferenz solcher Strahlen entspringend, die gleiche oder um d, um 2d, 3d, u. s. w. verschiedene Wege zurückzulegen haben, — und dunkle Streifen erblicken, — letztere der Interferenz von Strahlen entsprechend, deren Wegunterschiede $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d, u. s. w. betragen.

Wendet man statt der homogenen Bündel, welche wir bisher betrachtet haben, Bündel von weißem Lichte an, so erscheinen farbige Streifen von allen prismatischen Nuancirungen der Reihe nach nebeneinander; nur der Streifen in der Mitte, welcher aus der übereinstimmenden Wirkung aller Strahlen entsteht, die genau gleiche Wege durchlaufen, unterscheidet sich vollkommen von den übrigen durch die Abwesenheit jeder Färbung. Zu beiden Seiten des Centralstreifens werden etwa fünf bis sechs farbige Streifen sichtbar.

Diese links oder rechts von der Mitte liegenden Streifen werden ihrer Reihenfolge nach Streifen der ersten, zweiten, dritten Ordnung u. s. w. genannt.

Sobald der Wegunterschied der interferirenden Strahlen etwas groß wird, so ist keine Spur der Streifen mehr zu entdecken; jedoch kann man den normalen Zu-

die von einem Sterne ausgehenden Strahlen in dem Fernrohre interferiren müssen; oder einfacher, wir wollen den Vorgang im Brennpunkte einer Glaslinse untersuchen: denn ein Fernrohr ist nichts Anderes, als eine solche mit einem einfachen oder zusammengesetzten Mikroskope versehene Linse, um das, was in ihrem Focus vorgeht, genauer zu erforschen. Wir werden dann schließlich entscheiden können, ob die Resultate dieser Prüfung in Uebereinstimmung mit den Phänomenen stehen, welche die vermittelst der Fernröhre angestellten Beobachtungen der Sterne uns gezeigt haben.

Um von einem in sehr großer, als unendlich anzusehender Entfernung befindlichen Sterne nach dem Brennpunkt einer Linse in F (Fig. 2)

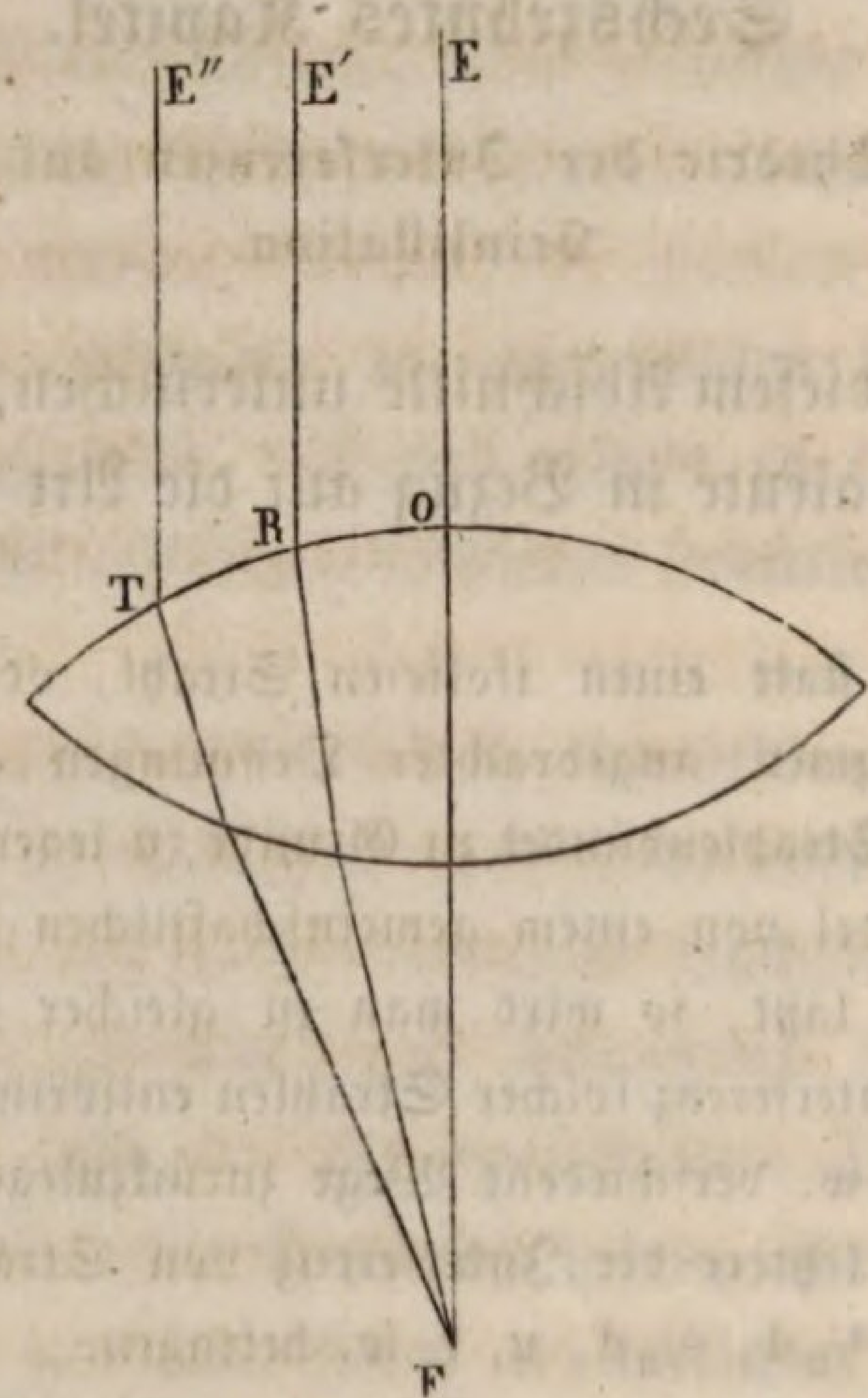


Fig. 2. — Durchgang des Lichtes durch eine Linse.

zu gelangen, hat der centrale Strahl EO einen kürzeren Weg EOF zurückzulegen, als der parallele seitliche Strahl E′R, der in der Nähe

stand wieder herstellen, und die Streifen von Neuem sichtbar machen, wenn man auf dem Wege des einen Bündels ein Mittel von geeigneter Dichtigkeit und Brechbarkeit einschaltet. In der Bestimmung der Brechbarkeit, wenn die Länge des Wegs gegeben ist, und umgekehrt der einer bekannten Refrangibilität entsprechenden Länge, besteht die Theorie der **optischen Aequivalente**.

des Randes durch die Linse geht und gleichfalls nach F gelangt; dagegen hat der Strahl durch die Mitte eine dickere Schicht Glas zu durchlaufen. Diese größere Länge seines Wegs im Glase aber bewirkt genau die Compensation für die geringere, in der Luft durchlaufene Strecke.

Die erwähnte Compensation ist dieselbe, welches auch die relative Lage der beiden verglichenen Strahlen sein mag: also z. B. auch in Bezug auf die Strahlen E''TF und E'RF oder den mittleren EOF.

Die nach der Linse gelangenden Lichtstrahlen, welche nach einer zweimaligen Brechung an den beiden Oberflächen des Glases im Brennpunkte sich vereinigen, kommen dort offenbar in Uebereinstimmung an, und summiren sich folglich in ihrer Wirkung. Nur wird die Erfüllung der ausdrücklichen Bedingung erfordert, daß auf dem Wege vom leuchtenden Punkte bis zur Ankunft an der ersten Oberfläche der Linse, so wie von ihrer zweiten Oberfläche bis zum Focus, die Strahlen in Medien von gleichem Brechungsvermögen sich bewegen. Die geringste Differenz in dieser Beziehung vermag den relativen Zustand der Strahlen vollständig zu ändern, wie früher bei dem Versuche mit den beiden Röhren, und Strahlen in eine Phase der Neutralisation treten zu lassen, welche außerdem einen übereinstimmenden Gang gehabt und sich addirt hätten.

Wir nehmen jetzt an, daß die links von der Mitte des Objectivs auffallenden Strahlen auf ihrem Wege von den oberen Grenzen der Atmosphäre her Schichten durchlaufen sollen, welche ihrer Dichtigkeit, ihrer Temperatur, oder ihres hygrometrischen Zustandes wegen ein etwas anderes Brechungsvermögen besitzen, als die Schichten, in welche die zur Rechten liegenden Strahlen gelangen. Die Folge dieser verschiedenen Brechungsverhältnisse kann sein, daß die rothen Strahlen rechts sich mit den gleichnamigen links vollständig aufheben, so daß im Brennpunkte statt des normalen Weiß, Grün entsteht; während einen Augenblick später, aus derselben Ursache, die grünen Strahlen gänzlich vernichtet werden, und der Brennpunkt folglich roth erscheint, u. s. w.

Bei der Annahme einer vollständigen Aufhebung der rothen, grünen, u. s. w. Strahlen ist die grüne, rothe, u. s. w. Complementärfarbe im Focus sehr lebhaft. Im Allgemeinen jedoch zerstören die zur

Rechten und zur Linken auf das Objectiv fallenden Strahlen vermöge ihrer Interferenz, sich nicht ganz, sondern nur theilweise: in diesem Falle wird der Brennpunkt zwar noch farbig erscheinen, aber seine von denselben Ursachen abhängige Färbung wird eine geringere Intensität besitzen.

Ich habe durch directe Versuche nachgewiesen, daß wenn in einem Lichtbündel die rothen, grünen u. s. w. Strahlen nur zum zwanzigsten Theil sich durch Interferenz aufheben, dies ausreichend ist, um den Brennpunkt F, wo das ganze Strahlenbündel sich wieder vereinigt, farbig zu zeigen. Es muß also genügen, wenn die atmosphärischen Schichten, in der geeigneten Weise und intermittirend, nur den zwanzigsten Theil der Strahlen, welche die Oberfläche einer Linse treffen, durch ungleichförmige Brechung in ihrem Gange stören, damit der Focalpunkt successive in verschiedenen prismatischen Farben erglänzt. Denkt man nun an die große Länge der von den oberen Grenzen der Atmosphäre bis zur Linse des Fernrohrs vom Lichte zu durchlaufenden Strecke; an die vergleichsweise sehr kleine Differenz im Brechungsvermögen, welche hinreichend ist, um zwei Strahlen aus dem Zustande der Uebereinstimmung in den der entgegengesetzten Wirkung zu versetzen; an die Wirkung der Winde oder Luftströmungen, die wenn auch noch so mäßig, dennoch unaufhörlich neue atmosphärische Schichten vor der Linse vorüberführen müssen: so wird man es nicht mehr auffallend finden, daß bei der Beobachtung des in unseren Breiten stets ziemlich tief stehenden Sirius bis zu dreißig aufeinanderfolgende Farbenänderungen in der Secunde wahrgenommen worden sind. Man könnte vielmehr nach dem Grunde fragen, weshalb in gewissen Klimaten der Brennpunkt des Objectivs keine Veränderung in Farbe und Intensität erfährt, wofern nämlich die Thatsache begründet ist.

Das Ergebniß der Theorie zeigt sich also in vollkommener Uebereinstimmung mit der Beobachtung, und die Erscheinung der Scintillation in einem Fernrohre ist mit der Lehre von den Interferenzen in innige Verbindung gebracht.

Jetzt wolle man nur sich daran erinnern, daß das Auge mit einer Linse verglichen werden kann, in deren Brennpunkte ein mit Nerven durchzogener Schirm, die Netzhaut genannt, ausgespannt ist,

und man wird sogleich erkennen, daß Alles, was wir von der großen Objectivlinse, dem Haupttheile des Fernrohrs, gesagt haben, auf das Auge Anwendung findet: es genügt, damit das Bild eines Sternes z. B. grün erscheine, daß in dem Bündel paralleler, weißer Lichtstrahlen, die auf die Oberfläche der Pupille treffen, ein Zwanzigstel sich in dem Zustande der Aufhebung der rothen Strahlen befinde; dagegen wird das Bild des Sternes sich roth färben, wenn die Zerstörung der Lichtwirkung auf der Oberfläche der Netzhaut sich auf die grünen Strahlen bezieht, u. s. w. Wenn endlich auf dem Wege der Interferenz die auf der linken Seite zur Pupille gelangenden weißen Strahlen roth, und die rechts ankommenden grün werden, so müssen sich diese beiden Farben neutralisiren (zu Weiß vereinigen), und der schließliche Effect wird in einer Intensitätsänderung bestehen.

Allerdings ist das Lichtbündel, welchem die Pupille den freien Eintritt in das Auge gestattet, nur sehr eng, und die Strahlen, die sich zerstören sollen, berühren einander fast, haben also auch sich berührende Regionen der Atmosphäre durchschnitten: aber diese Umstände können keine Schwierigkeit machen, wenn man erwägt, wie lang die Bahn dieser Strahlen in der Atmosphäre ist, bevor sie das Auge erreichen, und wie schwach der Unterschied in der individuellen Beschaffenheit dieser Schichten in Bezug auf Dichtigkeit, Temperatur und Feuchtigkeitszustand sein kann, ohne daß sie zusammengenommen aufhören müßten, das eine Mal der Vernichtung des rothen Lichtes, und ein anderes Mal der Aufhebung der grünen Strahlen günstig zu sein, u. s. w.

Von einer Differenz in der Länge der von den Strahlen durchlaufenen Wege habe ich weder bei der Erklärung der dem bloßen Auge erscheinenden Scintillation, noch bei der Begründung des im Focus eines Fernrohrs stattfindenden Vorganges Gebrauch gemacht. Solche Differenzen müssen, wofern sie stattfinden, in Betracht gezogen werden: augenscheinlich aber können sehr kleine Wegunterschiede zuweilen vorkommen.

In der That nimmt man im Fernrohre häufig eine sehr kleine verticale Verrückung der Sterne wahr, welche die Astronomen ein Unduliren (ondulation) zu nennen pflegen, und deren Ursache offenbar in einer

zufälligen Vermehrung oder Verminderung der normalen Refraction zu suchen ist. Nehmen wir nun an, daß ein Strahl, der bei seiner Brechung an einem gewissen Punkte der Atmosphäre im positiven Sinne abgelenkt wird, später an einem anderen Punkte eine Störung in negativer Richtung erleidet, welche die erste Ablenkung compensirt: so wird dieser Strahl im Brennpunkt des Fernrohrs mit einem normalen Strahle zusammentreffen, der auf seinem Wege keine Störung, oder wenn mir der Ausdruck verstattet ist, keine solche Aalbewegung erfahren hat, woraus ein zur Erzeugung einer positiven oder negativen Interferenz geeigneter Wegunterschied entstehen kann. Das Gleiche gilt von den seitwärts abgelenkten Strahlen, durch welche man zu erklären sucht, wie das Bild eines Sternes zuweilen und für sehr kurze Augenblicke plötzlich anzuwachsen und sich auszubreiten scheint. Es sind dies unseren Sinnen kaum wahrnehmbare, gewissermaßen mikroskopische Ursachen, welche nichtsdestoweniger augenfällige Intensitäts- und Farbenänderungen zur Folge haben.

Im siebenten Kapitel habe ich bei der Beschreibung, wie sich die Scintillationsphänomene im Fernrohre zeigen, die eigenthümlichen Effecte ganz besonders hervorgehoben (S. 15), welche bei einer geeigneten Verminderung in der Objectivöffnung auftreten, sobald man das Ocular allmälich weiter einschiebt. Ich bemerkte ferner, daß bei der Aufeinanderfolge von dunkeln und hellen Punkten, die man dabei abwechselnd im Centrum des Bildes wahrnimmt, die dunkeln Punkte aus der Interferenz der directen Strahlen mit anderen durch die Ränder der vor das Objectiv gestellten Oeffnung seitlich abgelenkten Strahlen entstehen müssen; endlich haben wir gesehen, daß die dunkeln Punkte von Zeit zu Zeit leuchtend werden, und daß die hellen Punkte wiederum ihrerseits von Zeit zu Zeit verschwinden.

Kehren wir einen Augenblick zum Früheren zurück und prüfen, worin im Grunde genommen die in verschiedenen Abständen vom Brennpunkte eines Fernrohrs angestellten Beobachtungen bestehen, und welche Folgerungen man daraus zu ziehen hat.

Von der nämlichen Voraussetzung ausgehend, welche bis jetzt von allen der Emissionstheorie anhängenden Physikern gemacht worden ist, die sich mit der Theorie der Fernröhre beschäftigt haben, wollen

wir annehmen, daß die sehr nahezu einander gleichlaufenden Strahlen, welche von einem Sterne kommend auf die Umfänge der concentrischen Kreise fallen, aus denen die Oberfläche eines Fernrohrobjectivs besteht, auf Linien ohne Dimension reducirt seien. Beim Austritte aus der gedachten Linse, nach stattgehabter Brechung, bilden diese Strahlen concentrische Kegel, deren Spitzen im Brennpunkte zusammenlaufen. In letzterem finden sich alle Strahlen vereinigt und zusammenwirkend, während sie weiterhin desto mehr auseinandergehen, je mehr man sich der Objectivlinse, wo die Grundflächen der Strahlenkegel liegen, nähert. Schneidet man also die letzteren durch aufeinanderfolgende, ihren Grundflächen parallele, und vom gemeinschaftlichen Scheitel immer weiter entfernte Ebenen, so müssen die entstehenden Kreisschnitte immer weniger hell erscheinen, jedoch mit dem wesentlichen Umstande, daß kein Punkt eines solchen Schnittes keinen Strahl empfangen, mit anderen Worten, daß kein Punkt unerleuchtet bleiben kann.

Mit diesem Resultate nun scheinen die oben angeführten Beobachtungen in Widerspruch zu stehen: denn als wir mit dem Ocular, wie mit einem Mikroskope, die Kreisschnitte der gedachten Lichtkegel in verschiedenen Abständen vom Focus untersuchten, so fanden wir einen Schnitt, dessen Centrum ganz dunkel war, hierauf einen zweiten, dem Objective näheren Schnitt mit heller Mitte, ein drittes Bild zeigte wieder ein dunkles Centrum, und so abwechselnd weiter.

Wie soll man so unzweideutige Beobachtungen, aus denen in kategorischer Weise hervorgeht, daß die Axe der Kegel in wechselnder Entfernung vom Brennpunkte bald dunkel und bald hell erscheint, mit den geometrischen Gesetzen der Fortpflanzung der Strahlen in Einklang bringen, welche diese Axe überall vom Lichte getroffen erheischen? Die Emissionstheorie (?) läßt nur einen Weg dazu offen: die Annahme nämlich, daß Strahlen, die durch die Ränder der vor das Objectiv gestellten Oeffnung abgelenkt werden, oder Strahlen von irgend anderem Ursprunge sich mit den vorher betrachteten Strahlen kreuzen und dieselben an einigen Punkten zerstören. Es ist weiter erforderlich, daß solche an einem gegebenen Punkte eintretenden Vernichtungen die Strahlen nicht hindern, weiterhin wieder zu entstehen! Diese doppelte Folgerung mag seltsam erscheinen; sie ist

jedoch Nichts, als die logische und nothwendige Auslegung der Thatsachen, wie später übrigens noch besonders gezeigt werden soll.

Siebzehntes Kapitel.

Scintillation der Planeten.

Gesetzt man beobachte durch ein Fernrohr mit reducirter Oeffnung die Planeten Jupiter und Saturn, die ersichtlich nicht oder nur ausnahmsweise funkeln, so werden diese Planeten keine der Erscheinungen darbieten, von denen bei den Fixsternen umständlich die Rede gewesen ist. Transformirt man das Bild des Planeten in einem Lichtstreifen, wie beim Versuche Nicholson's, so treten nirgends Farben auf; die Verrückung des Brennpunkts ferner bringt niemals jene mit dunkeln Löchern durchbohrten Bilder hervor, mit welchen wir im Vorhergehenden uns ausführlich beschäftigt haben. Bei Planeten mit kleinem Durchmesser, wie der Mars, sind wohl einige Spuren dieser Interferenzphänomene wahrzunehmen, aber ohne hinreichende Bestimmtheit.

Ein Planet ist eine Anhäufung leuchtender Punkte, und es scheint die Annahme begründet, daß die von jedem dieser Punkte ausgehenden Strahlen analoge Wirkungen veranlassen müssen, wie die bei den Fixsternen beschriebenen. Indessen ist zu bemerken, daß als es sich um einen mit bloßen Augen betrachteten Fixstern handelte, die vom Sterne ausgehenden, parallelen, interferirenden Strahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre im Maximum nur um eine dem Durchmesser der Pupille gleiche Größe getrennt sein konnten, sowie daß bei einer durch das Fernrohr angestellten Beobachtung dieses Maximum in der Distanz der interferirenden Strahlen dem Durchmesser des freien Theiles vom Objective gleich war.

Die zur Formation jedes einzelnen Punktes im Bilde eines Planeten beitragenden Strahlen, mag die Beobachtung mit bloßem Auge oder mittelst eines Fernrohrs geschehen, sind genau in dem nämlichen Falle; allein ein wesentlicher Unterschied tritt jetzt ein, sobald man die Strahlen, welche das Bild eines dieser Punkte erzeugt haben,

zusammen mit denen vergleicht, die das Bild eines anderen Punktes hervorbringen.

Betrachten wir z. B. das parallele Strahlenbündel, welches dem einen Ende des horizontalen Durchmessers der Jupiterscheibe entspricht. Wenn die Größe des Diameters 40 Secunden beträgt, so macht das für das Bild des anderen Endes des Durchmessers thätige Bündel paralleler Strahlen mit dem ersten einen Winkel von 40 Secunden: letzteres hat folglich nicht genau dieselben Schichten der Atmosphäre durchlaufen, als das erste Bündel auf einem großen Theile seiner Bahn. Ganz dasselbe gilt von den beiden das Bild des oberen und unteren Endes des verticalen Durchmessers erzeugenden Bündeln, und von der Größe der Winkel abgesehen, von all' den verschiedenen, sich in den einzelnen Punkten des Bildes vereinigenden Strahlen.

Der Vergleich mit einer Anhäufung von Sternen, den wir für die Betrachtung einer Planetenscheibe zu Grunde gelegt haben, ist also nur unter der Bedingung zutreffend, wenn vorausgesetzt wird, daß die Strahlen dieser verschiedenen Firsterne nicht durch atmosphärische Schichten, welche einander fast berühren, hindurchgegangen sind.

Da nun bereits im Falle der aneinanderstoßenden Schichten die Scintillationen so verschiedenartig waren, müssen sie in dem jetzt betrachteten Falle noch weit unähnlicher ausfallen, und aus ihrer Gesammtheit wird weißes Licht von nahezu constanter Intensität hervorgehen.

Man gestatte mir noch ein Wort, um, wenn es möglich ist, diese Erklärung noch klarer zu machen.

Der Versuch Nicholson's zeigte uns, daß die Intensität der Farbe eines Sternes, wegen der Dauer der im Auge erzeugten Empfindung, in jedem Augenblicke die Resultante aus der Intensität und der Färbung ist, welche der Stern während einer Zehntelsecunde durch die Wirkung der Interferenzen empfangen hat. Wenn man die Bilder zweier Sterne zur Vereinigung bringen könnte, welche verschiedene Stellungen am Himmel einnehmen, so würde die gemeinschaftliche Resultante minder variiren, als bei jedem Sterne einzeln genommen, und bei jeder Hinzufügung eines neuen Sternes muß sich derselbe Erfolg wiederholen. Sobald endlich die Anzahl dieser Sterne,

deren Anhäufung wir betrachten, eine gewisse Grenze überschritte, so würde das Bild weiß und gleichförmig erleuchtet erscheinen.

Was ist aber ein durch das unbewaffnete Auge gesehener Planet Anderes als eine solche Anhäufung von Sternen? Es scheint nur, als müßte bei der Beobachtung durch ein Fernrohr an den Rändern der Scheibe jeder Punkt deutliche Spuren von Interferenzerscheinungen zeigen, und Letzteres ist in der That der Fall. Die Undulationen, welche die Bilder der Planeten an ihren Umrissen darbieten, und deren Ursache man gemeiniglich ausschließlich Ungleichförmigkeiten in der Brechung zuzuschreiben pflegt, hängen zum Theil von Interferenzen der Lichtstrahlen ab.

Achtzehntes Kapitel.

Scintillometer.

Das intermittirende Aufhören und Wiedererscheinen des Lichtes an einem bestimmten Punkte der Axe eines Fernrohrs steht zu den Ursachen der Scintillation in der genauesten Beziehung, und läßt sich selbst zur Messung der letzteren benutzen.

Wir haben im Vorhergehenden von diesen Veränderungen nur als von Ergebnissen der Beobachtung gesprochen: jetzt können wir einen Schritt weiter gehen, und dieselben mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aus geringen intermittirenden Ungleichförmigkeiten in dem Brechungsvermögen der von den interferirenden Strahlen durchlaufenen Medien herleiten, oder auf sehr kleine Unterschiede in den von denselben Strahlen zurückgelegten und beständig sich ändernden Wegen, also mit andern Worten auf die wahren Ursachen der Scintillation zurückführen. Die Uebergänge der dunkeln Punkte in leuchtende und umgekehrt, können, dünkt mich, unter den gehörigen Vorsichtsmaaßregeln, dazu dienen, die Erscheinung des Sternefunkelns der Messung zu unterwerfen, mit anderen Worten, das Princip für die Construction eines Scintillometers zu liefern.

§. 1. Erstes Scintillometer.

Wir nehmen an, man beobachte einen Stern, oder einen Gegenstand, der nicht scintillirt, durch ein achromatisches Fernrohr von 1,7 Meter Brennweite, nachdem die ursprüngliche Objectivöffnung von 91 Millimeter vermittelst eines ausgeschnittenen Schirmes auf 47 Millimeter verkleinert worden. Bereits früher (S. 15) ist erwähnt, daß die Form, unter welcher das Bild des Sternes uns erscheint, veränderlich und von der Stellung des Oculars abhängig ist. Gehen wir von derjenigen Stellung aus, wo der Stern als eine planetarische Scheibe, umgeben mit einer Reihe sehr enger Ringe von schwankendem Lichte gesehen wird: man befindet sich alsdann im Brennpunkte. Wenn man von hier aus das Ocular dem Objective allmälich immer näher rückt, so gelangt man zu einer zweiten Stellung, bei welcher die Mitte des Bildes schwarz erscheint; hierauf folgt eine dritte Stellung mit hellem Centrum; die in demselben Sinne fortgesetzte Bewegung wird dann ein viertes Bild, dessen Centrum wiederum dunkel ist, erzeugen, u. s. w.

Um die zweite Lage zu bestimmen, bei welcher das Bild des Sterns von einem ganz schwarzen Loche durchbohrt erscheint, kann man statt der directen Beobachtung dem Ocular seine Stellung in der Mitte des Intervalles anweisen, welches die erste und die dritte Form des Bildes trennt.

Sei also das Ocular genau in diese Zwischenstellung gebracht, und richten wir das Instrument auf einen scintillirenden Stern. Dann wird die Scintillation sich durch plötzliches Auftauchen und Wiederverschwinden des leuchtenden Punktes in der Mitte kundgeben, und zwar muß innerhalb eines gegebenen Zeitraums dieses Aufblitzen um so häufiger wiederkehren, je stärker der Stern funkelt. Ich lasse hier eine Anzahl derartiger Beobachtungen folgen, welche auf meine Bitte von den Herren Goujon und Ch. Mathieu angestellt worden sind.

Name des Sterns.	Höhe über dem Horizonte.	Anzahl der in fünf Minuten beobachteten Erscheinungen.
	14. Januar 1851.	
Sirius	20°	40
Rigel	31	17
Aldebaran . . .	57	13
Capella	81	8
	15. Januar 1851.	
Sirius	24°	23
Procyon	46	14
Regulus	54	15
g kl. Löwe . . .	74	6
	22. Januar 1851.	
Sirius	24°	28
Procyon	46	20
α Orionis . . .	48	15
Pollux	69	12
	22. März 1851.	
Sirius	18°	30
Procyon	40	20
Pollux	65	9
Wega	74	6
Capella	78	5
	16. October 1851.	
Fomalhaut . . .	10° 50′	30
	8 0	31
	5 40	35
	17. October 1851.	
Rigel	21° 0′	25
	28 30	22
	35 0	20
α Orionis . . .	24 30	21
	32 30	20
	44 45	18
Aldebaran . . .	44 0	18
	50 30	16
	55 30	15

Name des Sterns.	Höhe über dem Horizonte.	Anzahl der in fünf Minuten beobachteten Erscheinungen.
	1. November 1851.	
Sirius	8° 39′	30
	12 48	28
	17 30	26

Ich wiederhole, daß diese Zahlen erhalten worden sind durch Abzählung, wie oft in einem Zeitintervalle von fünf Minuten der Mittelpunkt des Bildes im Fernrohre leuchtend erschien.

Aus theoretischen Betrachtungen hatte ich geschlossen, daß wenn man das Ocular aus der bei den vorstehenden Beobachtungen fixirten Stellung hinweg in eine Lage zwischen der eben erwähnten und der dritten Stellung versetzte, die Erscheinungen des leuchtenden Punktes, bei übrigens gleichbleibender Scintillation, an Häufigkeit zunehmen müßten.

Diese Voraussetzung hat sich vollkommen bestätigt, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Name des Sterns und Höhe über dem Horizonte.		Erscheinungen in der ersten Lage des Oculars.	Erscheinungen in der zweiten Lage des Oculars.
	13. März 1851.		
Sirius	21° 0′	18	40
Procyon	47 0	12	20
Arctur	50 0	12	20
Pollux	69 0	7	15
	15. März 1851.		
Sirius	17° 0′	16	30
Procyon	40 0	12	20
Pollux	58 0	6	12
	1. November 1851.		
Sirius	9° 5′	„	45
	13 5	„	37
	17 53	„	33

Vergleicht man alle diese numerischen Resultate, so scheint es mir unmöglich zu verkennen, ganz abgesehen von jeder theoretischen Be-

trachtung, daß zwischen den Erscheinungen des leuchtenden Punktes und der Scintillation ein unmittelbarer Zusammenhang besteht, und daß die Häufigkeit dieser Erscheinungen, bis zu einem gewissen Punkte, zur Messung des Phänomens dienen kann.

In letzterer Beziehung darf das nach der vorhergehenden Beschreibung eingerichtete Fernrohr den Namen eines Scintillometers erhalten. Mit Hülfe dieses Instruments wird sich entscheiden lassen, welches die Klimate, die Jahreszeiten, die Höhen, endlich die atmosphärischen Zustände sind, wofür die Scintillation gänzlich aufhört, wofern man sich in dieser Beziehung nicht etwa unrichtigen Ansichten hingegeben hat.

§. 2. Zweites Scintillometer.

Man könnte auch ein Scintillometer construiren, indem man nach der Methode von Nicholson das Bild eines Sterns in einen Lichtstreifen verwandelt. Wir haben oben (S. 12) gesehen, daß dieser Physiker im Gesichtsfelde des Fernrohrs den Stern eine in sich zurückkehrende Curve im Verlaufe einer Zehntelsecunde beschreiben ließ, und dadurch längs der Ausdehnung dieser Lichtlinie die successiven Bilder von verschiedener Färbung vertheilte, welche sich in einem einzigen Punkte bildeten und in Bezug auf die Farbe in dem Intervalle einer Zehntelsecunde compensirten. Doch scheint es sehr schwierig, die so vertheilten Farben auf einer Curve, die für das Auge einen großen Raum einnimmt, genau zu zählen.

Es würde also besser sein, um das Zählen möglich zu machen, den Stern nur einen Theil der Curve durchlaufen zu lassen, welche sein Bild bei dem obigen Versuche beschrieb, z. B. den zehnten Theil.

Wir wollen annehmen, von einer bestimmten Lage des Fernrohrs ausgehend verrücke man dasselbe in einer Zwanzigstelsecunde dergestalt, daß in diesem kurzen Zeitraume der Stern im Gesichtsfelde eine gerade Linie von zwei Minuten Länge zu beschreiben scheine. Dieses Rauminterval wird dann die verschiedenfarbigen Bilder enthalten, welche in einer Zwanzigstelsecunde erzeugt werden und sich gedeckt haben würden, wenn das Fernrohr unverrückt geblieben wäre.

Man kann nun zählen, wie viele solche verschiedenfarbige Bilder vorhanden sind, und den Versuch z. B. zehn Mal wiederholen, um das Mittel zu nehmen; dadurch erhält man das wahre Maaß für die Intensität der Scintillation. Die Sache des Mechanikers ist es, das beste Mittel zu wählen, um eine Winkelbewegung des Fernrohrs oder des Oculars zu sichern, welche das Bild des Sternes auf eine Strecke von zwei Minuten ausdehnt, und zu bewirken, daß diese Bewegung genau in der vorgeschriebenen Zeit (einer Zwanzigstelsecunde) erfolge.

Wenn ich mir in diesem Betreff eine Meinung auszusprechen erlauben dürfte, so würde ich vorschlagen, ein wenig vor dem Brennpunkte des Fernrohrs (d. h. zwischen Focus und Objectiv) einen kleinen Planspiegel unter 45 Grad Neigung aufzustellen, der das Bild des Sternes seitlich nach einem dazu eingerichteten Oculare zu werfen hätte. Einer derartigen Einrichtung pflegt man sich zu bedienen, so oft man mit kleinen Instrumenten Sterne in der Nähe des Zeniths beobachten will.

Denkt man sich alsdann diesen Spiegel mit Hülfe eines geeigneten Räderwerks in Rotationsbewegung versetzt, so wird der vorgesteckte Zweck erreicht sein. Anstatt eines Spiegels könnte man sich auch eines rechtwinkligen Glasprismas bedienen, auf dessen Hypotenuse die totale Reflexion erfolgt.

Damit endlich der Beobachtung stets dieselbe Länge der von dem Sterne durchlaufenen Lichtlinie zu Grunde liege, würde man die Ausdehnung des Gesichtsfeldes auf zwei Minuten, etwa mit Hülfe zweier in Bezug auf das Ocular passend aufgestellter Metallplatten beschränken können.

§. 3. Drittes Scintillometer.

Eine dritte Art, um die Scintillation einer Messung zu unterwerfen, erhält man durch die Beobachtung des erweiterten Bildes eines Sterns (außerhalb des Focus) auch bei nicht verkleinerter Objectivöffnung, wenn man bemerkt, wie oft dieses Bild von den farbigen Bildern so zu sagen durchlaufen wird, welche sich in der einen oder der andern Richtung auf dem vergrößerten Bilde zu bewegen scheinen.

Früher ist bei Gelegenheit der Beobachtungen von Simon Marius und von Nicholson (im 7. Kapitel) eine ausführliche Beschreibung dieses Vorganges gegeben worden. Man kann, denke ich, die Erscheinung folgendermaßen erklären:

Wenn das ganze auf das Objectiv fallende Licht im Focus zur Vereinigung gelangt, so müssen die Interferenzen der vom östlichen, vom westlichen, vom obern, vom untern u. s. w. Rande des Fernrohrs kommenden Strahlen nothwendigerweise sich vermischen. Wird dagegen das Bild außerhalb des Brennpunkts beobachtet, mit andern Worten, untersucht man das erweiterte Bild, so können die Interferenzen der den verschiedenen Punkten des Objectivs entsprechenden Strahlen getrennt beobachtet werden; und da die atmosphärischen Schichten, deren Dichtigkeit, Feuchtigkeits- und Temperaturzustand die Beschaffenheit der Interferenzen bedingen, nicht unbeweglich bleiben, so muß man wahrnehmen, wie die Farben, die z. B. zuerst an einem der Ränder entstehen oder auftreten, sich über die ganze Ausdehnung des erweiterten Bildes in derselben Zeit fortpflanzen, welche die betreffenden atmosphärischen Schichten gebrauchen, um sich um eine dem Durchmesser des Fernrohrobjectivs gleiche Strecke zu verrücken.

Vorstehendes ist im Wesentlichen die Erklärung, welche ich von den beobachteten Erscheinungen geben zu können glaube.

Wie sich nun auch dieses dritte Princip für Aufstellung eines Scintillometers bewähren mag, so erlaube ich mir schließlich von Neuem die Reisenden aufzufordern, sich eines der angegebenen drei Mittel, und vornämlich des ersten zu bedienen, um definitiv zu entscheiden, ob es Länder gibt, in denen die Sterne gar nicht scintilliren.

Neunzehntes Kapitel.

Kritische Uebersicht der bisher von der Erscheinung des Sternefunkelns gegebenen Erklärungen.

Wenn man für Phänomene der physischen Welt eine Erklärung aufsucht, also für Phänomene, von denen man möglicherweise auf ver-

schiedene Art sich mehr oder minder plausibel Rechenschaft geben könnte, so genügt offenbar nicht die Aufstellung der eigenen Theorie, sondern man hat auch zu zeigen, daß die früher versuchten Erklärungen Etwas zu wünschen übrig lassen. Diese Aufgabe stelle ich mir in gegenwärtigem Kapitel, und finde es für angemessen, zum Eingange ein für alle Mal zu erklären, um mehreren Autoren, deren Theorieen ich widerlege, Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, daß ich meine Einwürfe aus neueren Beobachtungen geschöpft habe, welche ihnen nicht bekannt waren und nicht bekannt sein konnten.

§. 1. Erklärung des Aristoteles.

Im zweiten Buche der Schrift des Aristoteles **über den Himmel** findet sich folgende, von Geminus citirte, auf das Funkeln der Sterne bezügliche Stelle: *)

„Denn wenn unsere Sehkraft (ὄψις) sich beträchtlich weit erstreckt, so zittert (ἑλίσσεται) sie wegen ihrer Schwäche. Das ist auch wohl der Grund, weshalb die Fixsterne zu funkeln scheinen, die Planeten aber nicht; denn die Planeten sind nahe genug, damit die Sehkraft noch kräftig zu ihnen gelangt, während bis zu den Fixsternen dieselbe sehr weit sich ausdehnen muß und wegen dieser Ausdehnung schwankt. Das Zittern des Gesichtssinnes bewirkt, daß sich der Stern zu bewegen scheint, denn es macht keinen Unterschied, ob die Sehkraft sich bewegt oder das Gesehene."

Die vorstehende Stelle würde ganz unverständlich sein, wenn wir hier nicht daran erinnerten, daß eine gewisse Schule des Alterthums in den Strahlen das active Mittel, durch welches wir sehen, zu finden glaubte, und sich dieselben gewissermaßen als Fühlfäden vorstellte, die von unsern Augen ausgehend die Gegenstände erfaßten. Dieser Vorstellung zufolge, meinte man, agire die Sehkraft um so sicherer, je näher die Objecte sich befinden; dagegen müßten die Strahlen oder

---

*) Man hat es für angemessen gehalten, statt mit Arago die Uebersetzung zu citiren, welche Halma von der erwähnten Anführung des Geminus gegeben hat, auf die Originalstelle des Aristoteles (de Coelo lib. II, cap. 8) zurückzugehen.
Anmerk. d. d. Ausg.

die biegsamen Fühlfäden, welche noch mit Leichtigkeit zu einem Planeten gelangen, ins Zittern gerathen, wenn sie bis zu den Firsternen sich ausdehnen sollen.

Eine derartige Theorie bedarf natürlich keiner Widerlegung; auch wird sie hier nur angeführt, um zu zeigen, auf welche Abwege das Urtheil von Männern selbst der größten Begabung gerathen kann, wenn sie nicht an der Hand der Erfahrung ihre Schlüsse bilden: man möge also diesen Paragraphen als einen Beitrag zur Geschichte des menschlichen Geistes ansehen.

§. 2. Ptolemäus.

Dem Berichte des Roger Baco zufolge hatte sich Ptolemäus mit dem Funkeln der Sterne in seiner Schrift über die Perspective beschäftigt, wovon, wie ich glaube, nur Bruchstücke auf uns gekommen sind; auch hatte er die Frage nur von einer nebensächlichen Seite aus betrachtet. Ptolemäus wollte nämlich blos erklären, weshalb am Horizonte die Sterne in höherem Grade scintilliren, und führte als Grund dafür an: weil sie am Horizonte entfernter erscheinen; weil das Auge größere Anstrengungen macht, um sie zu sehen; weil daraus ein Zittern unseres Organes und folglich das Schwanken der Objecte entsteht.

Wenn wir dem Autor des Almagest auch zugeben wollten, daß weil die Sterne in der Nähe des Horizonts entfernter erscheinen, das Auge einer größeren Anstrengung bedürfe, um sie zu sehen, so würden wir darum nicht minder zu der Frage berechtigt sein, wie diese größere Anstrengung eine Aenderung in der Intensität und vor Allem einen Wechsel der Farben zur Folge haben sollte. Das Wort Schwanken (trépidation?), dessen sich der Verfasser bedient, fügt dem Werthe seiner Erklärung Nichts hinzu, da er nicht sagt, worin dieses Schwanken bestehe. Zudem habe ich zur Genüge gezeigt, daß es nicht eigentlich ein Zittern ist, welches das Wesen der Scintillation ausmacht.

§. 3. Averrhoes.

Averrhoes sagt in seinem Buche de Coelo et de Mundo, daß die Dichtigkeit der von den Lichtstrahlen durchlaufenen Mittel das Funkeln der Sterne, von denen sie ausgehen, hervorrufe; daß diese in beständiger Bewegung befindlichen Medien die Bilder auf verschiedene Punkte des Auges fallen lassen; daß die mit dem Sehen eines sehr entfernten Objectes verbundene Anstrengung das Auge in eine gezwungene und dem Zittern ausgesetzte Stellung versetzt; daß endlich auch die Unterbrechungen des Sehens, welche dem successiven Schließen und Oeffnen der Augenlider entsprechen, eine der Ursachen der Scintillation bilden.

Diese Darstellung der Erklärung von Averrhoes, die ich dem Roger Baco entlehne, ist unübersteiglichen Schwierigkeiten unterworfen. Ich spreche nicht von der „gezwungenen und zitternden Stellung des Auges", denn was davon zu halten, haben wir schon bei der Beleuchtung der Theorie des Ptolemäus im vorhergehenden Artikel gesehen: aber ich muß mich gegen die Vorstellung erklären, als könnten die Undulationen der Luft zur Scintillation beitragen, indem sie die Strahlen auf verschiedene Punkte des Auges fallen ließen. In der That, wären diese Punkte äußerst nahe, so würde die Verrückung nicht wahrnehmbar sein, und wären sie entfernt, so müßte im Fernrohre der Stern übermäßig oscilliren, oder sich unter der Gestalt einer Lichtlinie zeigen. Vom successiven Oeffnen und Schließen der Augenlider muß gleichfalls abgesehen werden, da dieser Umstand einerseits in den Fernröhren ohne Wirkung ist, wo gleichwohl die Scintillation wahrgenommen wird, und andererseits, den Beobachtungen zuwider, der nämliche Grad des Funkelns für alle Höhen und in allen Klimaten daraus folgen würde. Uebrigens erwähnt Averrhoes mit keinem Worte der Farben, welche bei dem Phänomen eine so wesentliche Rolle spielen.

§. 4. Alhazen und Vitellio.

Alhazen und sein Commentator Vitellio betrachteten die Scintillation als eine Wirkung der Brechung, welche die Strahlen der Sterne in der Atmosphäre erleiden. Da diese Brechung, sagen sie,

nicht immer die nämliche ist, so müssen die Sterne als in Bewegung befindlich erscheinen.

Der Beweis dafür, daß nach der Ansicht dieser beiden Beobachter die Scintillation eine Bewegung war, findet sich in der Stelle, wo Vitellio versichert, daß die Scintillation außerordentlich groß wird, wenn man das Bild eines Sterns beobachtet, das von einer etwas bewegten Wasserfläche reflectirt wird.

Eine für das unbewaffnete Auge wahrnehmbare Bewegung würde in einem Fernrohre sehr beträchtlich werden, aber die Sterne scintilliren zuweilen sehr stark, ohne irgend merkbar zu oscilliren. Diese Bemerkung allein zeigt zur Genüge, wie wenig begründet die angeführte Erklärung sein kann, in welcher überdies nicht einmal der Versuch gemacht wird, von den Farbenerscheinungen Rechenschaft zu geben.

In der Vorstellungsweise des Aristoteles befangen verfehlte Vitellio nicht, die Unsicherheit des Gesichtssinnes in der Entfernung der Firsterne unter die Zahl der die Scintillation begünstigenden Ursachen zu rechnen; ferner erinnert er daran, daß nach der Philosophie der Peripatetiker unter dem Himmel eine feurige Region existirt, wo Alles in fortwährender Agitation ist, dergestalt daß die Lichtstrahlen, welche jene Region zu durchlaufen haben, Ablenkungen und Zerstreuungen erleiden müssen, während die zwischen jener feurigen Sphäre und der Erde befindlichen Planeten nothwendig ein reines und ruhiges Licht bewahren.

Ich würde mich an meinen Lesern zu versündigen glauben, wollte ich mich bei einer ausführlichen Widerlegung der beiden Gründe für die Scintillation aufhalten, welche Vitellio den von Alhazen gegebenen hinzufügt: die durch die Entfernung hervorgerufene Unsicherheit der Sehkraft, und der feurige zwischen der Region der Firsterne und der Region der Planeten gelegene Himmel.

§. 5. Aguilonius und Aversa.

Franciscus Aguilonius schreibt die Scintillation einer sehr raschen Umdrehungsbewegung der Sterne zu, welche die Erscheinung zeigen;

infolge dieser Bewegung würden uns die Fixsterne abwechselnd helle und dunkle Theile ihrer Oberfläche zukehren.

Raphael Aversa schließt sich dieser Vorstellung an, nur macht er, um die Existenz der hellen und dunkeln Theile der Fixsterne zu erklären, die Annahme, daß ein Theil des Lichtes dieser Himmelskörper in ihrem Inneren entsteht und verschiedene Hindernisse zu durchlaufen hat, um an ihre Oberfläche zu gelangen. (Siehe Riccioli's Almagestum novum).

Der Erklärung des Aguilonius und Aversa kann man entgegenhalten, wie überhaupt allen denen, die für das Phänomen einen reellen und nicht auf die bloße Erscheinung basirten Grund suchen, daß die Sterne bei verschiedener Höhe über dem Horizonte gleichmäßig funkeln müßten, was durch die Erfahrung nicht bestätigt wird.

§. 6. Tycho.

So geschickt, zuverlässig und scharfsinnig Tycho als Beobachter war, ist er doch im Allgemeinen nicht glücklich gewesen, wenn er der Ursache der Erscheinungen nachzuspüren versuchte. Seine Vorstellungen über das Sternefunkeln bestehen eine eingehende Prüfung ebenso wenig, als die bisher citirten und die Mehrzahl der im Folgenden noch zu besprechenden Erklärungsweisen.

Tycho führt als den Hauptgrund für das flackernde Licht der Sterne die Rotationsbewegung an, welche jenen Himmelskörpern eigen sei und nicht verfehlen könne, eine Zerstreuung ihrer Strahlen herbeizuführen. Ferner sollen die Sterne eine große Anzahl reflectirender Flächen besitzen, die sich der Reihe nach unseren Augen zukehren. Die Scintillation wäre also ein Analogon zu dem Glanze der Facetten eines Diamanten. Die Planeten, fügt er hinzu, funkeln nicht, weil sie sich nicht um sich selbst drehen!

Was will Tycho sagen, wenn er die Umdrehungsbewegung eines Gestirns als Ursache für die Zerstreuung seines Lichtes anführt? Soll die Zerstreuung, welche er meint, eine Wirkung der Centrifugalkraft sein, wie etwa das Umherfliegen der Funken bei der Sonne eines Kunstfeuerwerkers? Ohne zu untersuchen, in wiefern eine derartige

Vorstellung ungenau sein würde, begnüge ich mich mit der Bemerkung, daß irgend eine Ursache, welche fortwährend und in continuirlicher Weise wirkt, ganz abgesehen von ihrer sonstigen Beschaffenheit, ein Phänomen von intermittirendem und unregelmäßigem Charakter nicht zur Folge haben kann. Wenn Tycho aus der Abwesenheit einer Rotationsbewegung erklären will, warum die Planeten nicht scintilliren, so vergißt er dabei offenbar, wie seine eigenen Beobachtungen herausstellten, daß Mercur und Venus zuweilen stark funkeln.

§. 7. Cardan.

Cardan bekennt sich zur Meinung des Aristoteles rücksichtlich des Funkelns der Sterne. „Die weit sich erstreckende Sehkraft", sagt er, „oscillirt wegen ihrer Schwäche. Die Planeten sind uns nahe genug, damit unser Gesichtssinn sie mit voller Kraft erreicht, aber er geräth ins Zittern bei den Fixsternen, wegen ihrer Entfernung. Dieses Zittern des Gesichtssinnes bewirkt, daß sich die Sterne zu bewegen scheinen, denn es macht keinen Unterschied, ob die Sehkraft schwankt, oder das gesehene Object." (Riccioli.)

Wir haben uns bei der Widerlegung der Aristotelischen Ansicht nicht aufgehalten, zu welcher, wie man sieht, Cardan Nichts hinzufügt, da er sogar fast wörtlich die eigenen Ausdrücke des Aristoteles und Geminus braucht. Gehen wir also weiter.

§. 8. Scaliger.

Scaliger führt für die Scintillation fünf verschiedene Ursachen an: 1) die Größe des Sterns, 2) seine Helligkeit, 3) die Bewegung desselben, 4) die von den Strahlen durchlaufene Luft, 5) die Bewegung des Lichtes bei dem beobachteten Gestirn.

Eine theoretische Aufzählung aller dieser wahren oder eingebildeten Ursachen zu liefern, war keine schwere Aufgabe; nicht so leicht die Erörterung, welcher Theil einer jeden bei der Hervorbringung des Phänomens zukomme, und hierin ist Scaliger in der That nicht glücklich gewesen. Die erste und die zweite Ursache werden nicht gerechtfertigt; die dritte findet sich schon bei Aguilonius und ist unter dessen Namen widerlegt. Was den fünften Grund betrifft, so müßte man

nicht allein, wie Scaliger will, als bewiesen annehmen, „daß in den glühenden Körpern eine Fähigkeit zu intermittirender Lichterzeugung vorhanden ist, den Vorgängen analog, welche wir beim Brennen unserer Kerzenflammen wahrnehmen", und nichts Gezwungenes oder Zweifelhaftes in der Vergleichung einer Kerzenflamme mit Himmelskörpern finden, die an Volumen die Sonne übertreffen: sondern hätte dann immer zu fragen, in welcher Weise die auf das ebengemachte doppelte Zugeständniß gestützte Hypothese im Stande sein sollte, die logische Erklärung für ein Phänomen abzugeben, dessen Intensität von dem Stande der Sterne über dem Horizonte abhängt.

Kommen wir endlich zu dem Einflusse der Atmosphäre, so müssen wir bekennen, was auch Keppler dagegen sagen mag, daß Scaliger von der Scintillation, sofern sie sich als eine einfache Intensitätsveränderung äußert, die einfachste und wahrscheinlichste Erklärung, welche zu seiner Zeit überhaupt möglich war, gab, als er aussprach: „die leichten, in der Luft schwebenden Dünste hemmen zuweilen die Strahlen der Sterne zum Theil, und lassen sie dann wieder in ihrem vollen Glanze wirken, woraus continuirliche Aenderungen in der Intensität hervorgehen müssen."

§. 9. Giordano Bruno.

Nach Giordano Bruno liegt die Ursache der Scintillation in den Sternen selbst, welche Plato's Meinung zufolge sich um ihren eigenen Mittelpunkt drehen, und deren Bilder folgeweise schwanken müssen. (Riccioli).

Das Wörtchen *folgeweise* ist hier eigenthümlich genug: der ganze Ausspruch zeigt, mit welchen Erklärungen man im sechszehnten Jahrhundert zufrieden war; dies möge seine Anführung entschuldigen.

§. 10. Galilei.

„Ich bin der Meinung, daß wir angemessen urtheilen, wenn wir das Funkeln der Sterne der Vibration zuschreiben, welche sie ihrem eigenen Lichte mittheilen, d. h. einem Lichte, das sich in ihrer inneren Substanz erzeugt." *)

*) Galilei, Opere T. V. p. 17.

Wenn ich diese Stelle richtig verstehe, so soll die Scintillation auf einer reellen und intermittirenden Veränderung in der Ausstrahlung des Lichtes seitens der Sterne beruhen; allein wie soll man dann die constante Verminderung erklären, welche die Scintillation mit zunehmender Höhe der Gestirne über dem Horizont erfährt, so wie die fast völlige Abwesenheit der Scintillation in gewissen Klimaten? Diese Bemerkung genügt schon, um der ganzen Hypothese den Todesstoß zu geben.

§. 11. Keppler.

Mit folgenden Worten schließt Keppler (Stella nova) seinen Artikel über die Scintillation des neuen Sternes vom Jahre 1604:

„Der neue Stern hat alle übrigen an Klarheit, Reinheit und Größe übertroffen. Man konnte ihn beim Untergange, in der Nähe des Horizonts, bei sehr feuchter Luft sehen; trotzdem würde dies Alles ohne Wirkung gewesen sein, wenn nicht der Körper dieses Gestirnes seinem Lichte die Ursache seines Funkelns und seiner Farben geliefert hätte; diese Ursache aber liegt in der sehr raschen Bewegung dieses Körpers selbst, oder in einem inneren Vorgange.“

An einem andern Orte (Astronomiae pars optica) schreibt Keppler die Scintillation „entweder einer inneren Veränderung zu, die man einen Paroxysmus nennen könnte, oder der äußeren Umlaufsbewegung eines dunkeln Körpers.“

An mehreren Stellen vergleicht er die Sterne mit facettirten Diamanten, bei denen die geringste Bewegung die Farben des Regenbogens hervorruft. Er stellt sich vor, daß die Gestirne Ecken oder Kanten, ungleichförmig leuchtende Theile haben könnten, und erklärt auf diese Weise, wie es nicht nöthig sei, daß bei jeder Scintillation eine ganze Umdrehung zurückgelegt werde. Bei der Besprechung der von Scaliger gegebenen Erklärung stellt Keppler den Einfluß der Luft in die Reihe der secundären und minder wichtigen Ursachen der Erscheinung.

Offen gestanden scheint dies Alles des Genies eines Keppler wenig würdig.

Wir haben schon bei der Discussion der von Galilei aufgestellten

Erklärung erörtert, daß die Voraussetzung wirklicher Veränderungen oder Paroxysmen in der Lichtausstrahlung der Gestirne nicht von den allereinfachsten und elementarsten Erscheinungen der Scintillation Rechenschaft zu geben im Stande ist; das Gleiche findet auf die von Keppler der Hypothese seines Zeitgenossen hinzugefügte Annahme Anwendung: denn „die äußere Umlaufsbewegung eines undurchsichtigen Körpers" müßte in allen Gegenden und bei jeder Höhe der Sterne den nämlichen Effect hervorbringen, was den Beobachtungen widerspricht.

Die Ursache der Farbenphänomene bleibt trotz des Vergleichs mit den geschliffenen Flächen eines Edelsteins in völliger Dunkelheit, denn zwischen der Erzeugung prismatischer Bilder auf dem Wege der Reflexion und den Erscheinungen, welche das eigene Licht der Körper bei seinem Austritte aus geneigten Flächen hervorrufen würde, besteht ein großer Unterschied.

§. 12. Scheiner.

Scheiner glaubt, daß das Funkeln der Sterne seinen Grund einzig und allein in dem augenblicklichen und intermittirenden Aufhören der Erzeugung der Bilder der Sterne im Inneren des Auges habe, und durch das Dazwischentreten verschiedenartiger Dünste hervorgerufen werde.

Diese Erklärung kommt mit der vierten von Scaliger angegebenen Ursache unserer Erscheinung überein, weshalb wir uns nicht weiter dabei aufhalten.

§. 13. Descartes.

Descartes stellt sich vor, daß die Wirbel, welche in seinem Systeme alle Himmelskörper umgeben, aus einer flüssigen Materie bestehen und deshalb an ihrer Oberfläche eine zitternde oder wellenförmige Bewegung besitzen. Sieht man nun die Sterne durch ein solches Medium hindurch, so funkeln sie und scheinen in zitternder Bewegung; letztere muß nach seiner Meinung sogar eine Vergrößerung ihrer Bilder zur Folge haben, wie man z. B. an dem Bilde des Mondes

wahrzunehmen Gelegenheit hat, der sich in einer von leichtem Winde bewegten Wasserfläche spiegelt.*)

Gesetzt, die flüssigen und wellenförmig bewegten Wirbel wären wirklich vorhanden, so würde die Erklärung des Descartes selbst dann noch einen Widerspruch enthalten, wenn wir zugestehen wollten, daß die Scintillation in einem Zittern der Sternbilder bestehe. Zum Beweise dieser Behauptung brauchen wir nur von Neuem an eine Bemerkung zu erinnern, welche wir bereits mehr als einmal angeführt haben, um die Theorieen der Vorgänger unseres gefeierten Landsmannes zu widerlegen. Die Wirbel würden nothwendigerweise dieselbe Wirkung hervorbringen, wie hoch oder wie niedrig die Sterne über dem Horizonte stehen möchten: da die Beobachtungen dieser Folgerung widersprechen, so brauchen wir bei der Erscheinung, welche Descartes das Zittern der Bilder nennt, nicht länger zu verweilen.

§. 14. Huyghens.

Nach Huyghens ist „das Sternefunkeln die Folge einer zitternden Bewegung der unsere Erde umgebenden Dünste" (Cosmotheoros).

Wie mochte ein Mann von Huyghens' Geiste meinen, daß eine so unbestimmte Phrase für die ausreichende Erklärung eines so complicirten Phänomens, wie die Scintillation, gelten könnte? Es muß dies um so mehr in Verwunderung setzen, als Huyghens zugleich Geometer und Beobachter war.

§. 15. Gassendi.

Gassendi beschreibt das Scintilliren der Sterne wie ein Blitzen oder Wetterleuchten. Das Phänomen scheint ihm ganz allein daher zu rühren, daß die Sterne, gleich der Sonne, eignes Licht ausstrahlen; die Reinheit ihres Glanzes, der ohne jede fremde Beimischung zu uns gelangt, ruft in unserem Auge eine so lebhafte Sensation hervor, daß es in Bewegung, in Vibration geräth.

Woher kommt es dann, fragen wir, daß Mercur scintillirt, daß

*) S. 323 des 4. Bandes der pariser Ausgabe von Descartes' Werken.

das von einer Kugel reflectirte Sonnenlicht scintillirt, daß die durch die Dünste in der Nähe des Horizonts in ihrem Glanze geschwächten Sterne mehr funkeln, als die höher stehenden Sterne, ja daß sie zuweilen gar nicht funkeln?

Selbst abgesehen von diesen Einwürfen hat Gassendi nicht bemerkt, daß er an die Stelle der einen Schwierigkeit eine andere nicht weniger unerklärliche setzte: man konnte ihn fragen, welcher physische Unterschied zwischen eigenem Lichte von geringer Intensität und sehr hellem geborgten Lichte stattfinden solle, um zu erklären, weshalb nach seiner Vorstellung das eine scintillirt und das andere nicht, oder weshalb das Auge nur durch die erstere Art in Vibration gerathen soll. Ohne Zweifel war Gassendi ein bevorzugter Geist, aber er vermochte sich dem Einflusse des Jahrhunderts, in dem er lebte, nicht zu entziehen. Wo man vor der Zeit Alles erklären wollte, mußte man freilich mit Phrasen sich behelfen.

§. 16. Riccioli.

Riccioli ist der Ansicht, daß „die Ursache der Scintillation nicht allein in den Dünsten und Bewegungen unserer Atmosphäre zu suchen sei, sondern auch von den Staubtheilchen und undurchsichtigen Fäserchen, welche beständig in der Luft umherfliegen, herrühre."

Mir scheint, als unterschätze man die Ausdehnung des Phänomens, wenn man es auf die Wirkung undurchsichtiger, in der Atmosphäre schwebender Staub- oder Fasertheilchen zurückführen will. Findet die Scintillation nicht ebenfalls auf offener See, auf dem Gipfel der höchsten Berge statt? Oder sind die Ebenen Arabiens, wo die Sterne nicht scintilliren, etwa staubfrei? Ich werde weiter unten auf diese, auch von neueren Beobachtern versuchte Erklärungsweise zurückkommen.

§. 17. Hooke.

Der Verfasser der 1667 erschienenen **Mikrographie** hatte die Grenze, bis zu welcher die Kraft des Gesichtssinnes reicht, auf eine Bogenminute festgesetzt, indem seine Beobachtungen zeigten, daß ein

runder oder viereckiger Gegenstand von mäßiger Helligkeit unsichtbar wird, sobald sein Gesichtswinkel kleiner ist als eine Minute: scheint hieraus nicht zu folgen, daß eine Angularbewegung von weniger als einer Minute auch bei einem Sterne mit unbewaffnetem Auge nicht wahrgenommen werden dürfe?

Wie ist dieses Resultat mit der Theorie in Einklang zu bringen, welche Hooke zur Erklärung der Scintillation aufstellt? Unser Autor will nämlich das Phänomen von den unregelmäßigen Brechungen abhängig machen, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch unsere Atmosphäre erfahren. Bei der Betrachtung durch ein Fernrohr müßte das Bild des scintillirenden Sterns folglich Verrückungen von mehr als einer Minute, d. h. über einen größeren Raum als der Durchmesser der Jupiterscheibe beträgt, ausgesetzt sein: was durch die Beobachtung widerlegt wird. Um mich davon zu überzeugen, habe ich ein dünnes Glasplättchen dergestalt schleifen lassen, daß es die Bilder der Gegenstände ungefähr um eine Bogenminute ablenkte. Wenn dieses dünne Prisma vor die Pupille gebracht wurde, mußte jedes Object um eine Minute von seiner Stelle gerückt erscheinen. Visirte man nun nach einem Sterne, und führte das Prisma in kurzen Zwischenräumen vor der Pupille vorüber, etwa fünf Mal in einer Zeitsecunde, so mußte man das Bild des Sternes eben so oft in einer Minute Abstand von seinem wirklichen Bilde erblicken. Dennoch haben die Herren Laugier und Goujon, denen ich die Ausführung dieses Versuchs anvertraute, keine derartige (?) Erscheinung wahrgenommen. Da es indeß möglich blieb, daß eine dem bloßen Auge unsichtbare Verrückung von einer Minute durch eine andere Art der Erscheinung wahrnehmbar werden könnte, so bat ich meine jungen Freunde, zu untersuchen, ob die rasche Bewegung des Prismas vor der Pupille etwa bei einem hochstehenden Sterne die Scintillation hervorrief. Der Versuch wurde mit der größten Sorgfalt bei α Lyrae angestellt, führte aber zu einem negativen Resultate.

Hooke hatte ferner den Gedanken, daß die in der Vertheilung der Wärme vorhandenen Unregelmäßigkeiten einem begrenzten Stücke der Atmosphäre, im Vergleich zu den benachbarten Theilen, möglicherweise die Gestalt einer converen oder concaven Linse geben könnten.

Im ersten Falle, sagt er, muß das Bild eines Sterns vergrößert, im zweiten dagegen verkleinert erscheinen.

Ich will mich nicht dabei aufhalten, durch eine genaue Rechnung zu prüfen, ob kalte oder warme atmosphärische Schichten, in der Gestalt von Linsen und von den umgebenden Schichten durch eine niedrigere oder höhere Temperatur unterschieden, in der That die auffallenden, von Hooke angenommenen Wirkungen zu erzeugen im Stande seien: ich beschränke mich auf die thatsächliche Bemerkung, daß eine in beliebigem Abstande vor dem Objective eines Fernrohrs aufgestellte convexe oder concave Linse die Brennweite verkürzen oder vergrößern müßte, so daß während der Scintillation fortwährende Aenderungen des Focus stattfänden. Die Vergrößerungen ferner, von denen unser Autor spricht, müßten partiell oder vollständig auch an den Scheiben der Planeten wahrzunehmen sein, was kein Astronom jemals beobachtet hat.

Um die Farben zu erklären, erinnert Hooke daran, daß durch eine gewöhnliche Linse gesehen die Bilder der Gegenstände jederzeit farbig erscheinen, wenn sie in der Nähe der Ränder des Gesichtsfeldes erzeugt werden. Zur Zurückweisung dieser scharfsinnigen Hypothese genügt jedoch hier die Wiederholung der Bemerkung, daß die nämlichen Farbenerscheinungen nothwendigerweise auch an den Rändern der Planetenscheiben auftreten müßten, wenn die atmosphärische Linse vor dem Objective eines achromatischen Fernrohrs sich befände: keine Beobachtung hat aber etwas Derartiges gezeigt.

Worin sollte man schließlich, bei Annahme von Hooke's Erklärung, die Ursache der successiven Erscheinung heller Punkte in den dunkeln Centren der erweiterten Bilder der Sterne suchen?

Die auf die Interferenzphänomene gegründete Theorie hat den wesentlichen Vorzug, von den Intensitäts- und Farbenveränderungen Rechenschaft zu geben, ohne das Vorhandensein merklicher Variationen in der atmosphärischen Refraction zu Hülfe zu nehmen, welcher die zur Oeffnung der Pupille oder zum Objectiv des zur Beobachtung dienenden Fernrohrs gelangenden Strahlen unterworfen sind.

§. 18. Newton.

Wenn man sich gedrungen findet, einer von Newton aufgestellten oder angenommenen Ansicht — welches auch der Gegenstand sein möge — zu widersprechen, so verlangt der einem so großen Namen gebührende Respect eine wörtliche Anführung der der Kritik zu unterwerfenden Stelle. Ein bloßes Resumé genügt in diesem Falle nicht.

Newton hat sich mit der Scintillation im dritten Buche seiner Philosophiae naturalis principia mathematica, und am Schlusse des ersten Theils vom ersten Buche seiner Optik beschäftigt. Folgendes ist die Stelle aus den Principien:

„Auch die Strahlung und Scintillation der Fixsterne ist den Brechungen zuzuschreiben, welche die Lichtstrahlen in unseren Augen sowohl, als in der unruhigen Atmosphäre (aëris tremuli) erleiden: denn die Erscheinung hört auf, sobald man die Sterne durch ein Teleskop betrachtet. Das Zittern der Luft und der aufsteigenden Dünste verursacht, daß die Strahlen leicht abwechselnd von dem engen Raume der Pupille abgelenkt werden, was dagegen bei der größeren Oeffnung eines Fernrohrobjectivs nicht geschieht. Dies ist der Grund, weshalb die Scintillation im ersteren Falle entsteht, im letzteren aber unterbleibt: zugleich liegt in diesem Aufhören der Beweis für die regelmäßige Fortpflanzung des Lichtes durch den Himmelsraum ohne jede merkliche Refraction.“ *)

In der Optik ist diese Erklärung wesentlich modificirt, wie man beim aufmerksamen Lesen der folgenden Stelle bemerken wird: **)

„Die Luft, durch welche wir die Gestirne betrachten, befindet sich in ununterbrochener Bewegung, wie an dem Schwanken des Schattens eines hohen Thurmes und an dem Funkeln der Fixsterne zu sehen ist. Doch scintilliren diese Sterne nicht, wenn sie durch Fernröhre

*) Principia, lib. III, prop. 41, p. 467 der Ausgabe von 1723. In der deutschen Uebersetzung hat man geglaubt auf den Originaltext Newton's zurückgehen zu müssen, da der französische Text hier und im Folgenden die Uebersetzungen von Mad. Duchatelet und von Beauzée citirt. Anmerk. d. d. Ausg.

**) Optice, lib. I, pars I, prop. 8 in der Ausgabe von 1719; in den frühern Ausgaben findet sich die Stelle nicht. Anmerk. d. d. Ausg.

mit weiten Oeffnungen betrachtet werden. Denn indem alsdann die Lichtstrahlen durch verschiedene Punkte der Oeffnung hindurchgehen und jeder für seinen Theil tremulirt, so treffen sie mit mannigfaltigen und selbst entgegengesetzten Oscillationen zu gleicher Zeit auf verschiedene Punkte im Innern des Auges, wo ihre Bewegungen zu lebhaft und zu unregelmäßig werden, um einzeln einen Eindruck hervorrufen zu können. Indem nun jene vielen oscillirenden Punkte infolge ihrer raschen Bewegung und ihrer äußerst kurzen Vibrationen sich untereinander vermischen und unmerklich zusammenfließen, erzeugen alle diese Punkte einen einzigen großen leuchtenden Punkt, und bewirken dergestalt, daß das Bild eines Sternes nicht allein größer erscheint, als eigentlich der Fall ist, sondern auch ohne jede zitternde Bewegung des Ganzen, so weit eine solche durch unsere Sinne wahrgenommen kann."

Bei der ersten, in den Principien gegebenen Erklärung läßt Newton die tremulirende Bewegung der Luft eine Rolle spielen, mit welcher man sich schwer befreundet. Es scheint in der That, als müßten, wenn infolge jenes Zitterns in einem gegebenen Augenblicke Strahlen von der Pupille abgelenkt werden sollen, die außerdem das Auge getroffen hätten, dafür andere benachbarte Strahlen in dasselbe eindringen, welche bei ruhiger Atmosphäre auf die undurchsichtige Hornhaut gefallen wären.

In der Optik ist von den seitlichen Ablenkungen, welche einzelne Strahlenbündel nicht in die Pupille gelangen ließen, nach deren Oeffnung sie gerichtet waren, nicht mehr die Rede, sondern nur von kleinen Oscillationen der Strahlen, als deren Folge das Eintreten einer Vergrößerung oder Dilatation, aber kein Funkeln der Bilder der Sterne behauptet wird. Zu diesem Zwecke angestellte Beobachtungen haben jedoch bewiesen, daß in den Fernröhren die Bilder der Sterne zuweilen scintilliren, ohne eine merkliche Anschwellung zu erleiden, und daß sie außerdem der Reihe nach durch alle Farben des Prisma hindurchgehen. Es scheint demnach unnöthig, der Prüfung einer Theorie längere Zeit zu widmen, welche von einem so wesentlichen Umstande keine Rechenschaft gibt, und noch in anderer Rücksicht zu Resultaten führt, die der Beobachtung widersprechen.

§. 19. Kern.

Bei der Durchmusterung des Katalogs der Bibliothek in Pulkowa (der russischen Hauptsternwarte) fand ich, daß diese Anstalt zwei Specialabhandlungen über die Scintillation besitzt: die eine, von Joh. Jeremias Kern, ist im Jahre 1686 zu Wittenberg gedruckt; die andere, von Upsala 1799 datirt, hat Bernhard Odström zum Verfasser. Hr. v. Struve hatte die Güte, mir die Einsicht dieser Dissertationen zu gestatten, doch habe ich nichts Bemerkenswerthes in ihnen gefunden.

Kern schließt sich der Ansicht an, daß „die Scintillation eine Folge der Paroxysmen sei, welche allen intensiven Lichtquellen zukommen sollen, wie man z. B. an den Oscillationen der Kerzenflammen, der Fackeln u. s. w. sehen könne."

Da diese Erklärungsweise bereits widerlegt worden, so brauchen wir uns hier nicht von Neuem mit derselben zu beschäftigen.

§. 20. Jurin.

Jurin meint, daß wenn man sich streng an die Newton'sche Theorie der Anwandlungen des leichtern Durchgehens und Zurückwerfens halte, so folge daraus, daß das gewöhnliche Bild eines leuchtenden Punktes auf der Netzhaut aus einem kleinen centralen hellen oder dunkeln Kreise bestehen müsse, der von einer Reihe sehr enger kreisförmiger, abwechselnd dunkler und heller Ringe umgeben sei. Und da die Länge des durchlaufenen Weges, welche genügt, um einen Strahl aus der Anwandlung des leichtern Durchgangs in die Anwandlung der leichtern Reflexion zu versetzen, ausnehmend klein ist, so muß, bemerkt der Autor, die geringste Bewegung des Körpers oder des Auges des Beobachters hinreichen, um das, was im Bilde dunkel war, hell zu machen, und umgekehrt. Von diesen theoretischen Betrachtungen zur Erklärung des Phänomens des Sternefunkelns übergehend, drückt sich Jurin folgendermaßen aus: „Wenn die leuchtende Mitte des Bildes eines Sterns sich verdunkelt, und der anstoßende bisher dunkle Ring gleichzeitig leuchtend wird, was infolge der geringsten Bewegung des Auges, um sich dem Sterne zu nähern oder von demselben zu ent-

fernen, geschehen kann, so muß dies die Erscheinung hervorrufen, welche wir Scintillation oder Flackern der Sterne nennen."

Der Hauptmangel dieser Erklärung beruht nicht sowohl in der Annahme, daß das undeutliche Bild des Sterns auf der Netzhaut, bei der Beobachtung ohne Hülfe eines Instruments, aus einer Reihenfolge von hellen und dunkeln Ringen bestehe, deren Vorhandensein noch Niemand hat beweisen können: vielmehr ist hervorzuheben, daß sie den einfachsten Umständen der Erscheinung nicht entspricht.

Nach der Theorie Jurin's würde die Scintillation von dem jeweiligen Zustande der Atmosphäre unabhängig sein: andererseits stände sie in inniger Verbindung mit der Beweglichkeit oder Unbeweglichkeit des Beobachters; dergestalt, daß z. B. eine sehr geringe Kopfbewegung vor- oder rückwärts die Scintillation eines Gestirns so oft hervorrufen würde, als sich die Bewegung erneuerte, was den Beobachtungen zuwider ist. Ueberdem gibt die vorliegende Hypothese über die auftretenden Farbenveränderungen keine Rechenschaft, so wenig als über die auffallenden Phänomene, welche sich zeigen, wenn man durch ein Fernrohr beobachtet, dessen Ocular aus seiner Stellung verschoben wird.

§. 21. Jacob Cassini.

In den Augen Jacob Cassini's ist die Scintillation „eine Art von leuchtendem Strahlenkranz (chevelure)", von welchem die Sterne (dem unbewaffneten Auge) umgeben zu sein scheinen.

Die Strahlen, aus denen diese Lichthülle besteht, haben in der Atmosphäre außerordentliche Brechungen oder Zurückwerfungen erfahren.

Für die Fernröhre ist diese Art der Strahlung weniger bemerkbar, weil sie die entfernten Strahlen vollkommener vereinigen, und weil sie sogar einen Theil des Lichtes aufhalten.

Wenn ich sicher wäre, die Erklärung Cassini's richtig verstanden zu haben, so würde ich unbedenklich aussprechen, daß sie ebenso viele Unrichtigkeiten, als Worte enthält, und im Gegentheil behaupten:

Die Scintillation ist kein leuchtender Strahlenkranz; die Strahlen, aus denen diese Lichthülle bestehen soll, haben in der Atmosphäre

keine außerordentlichen Brechungen oder Zurückwerfungen erfahren; wenn für die Fernröhre diese Strahlung weniger bemerkbar ist, so liegt die Ursache nicht darin, daß die Fernröhre die zerstreuten Strahlen vollkommener vereinigen, oder das Licht aufhalten. Der Strahlenkranz ist Nichts weiter, als eine optische Täuschung.

§. 22. Dr. Long.

Die Ansicht, nach welcher die Scintillation ihren Grund in dem momentanen Verschwinden der Sterne haben soll, hervorgerufen durch das zufällige Dazwischentreten kleiner in der Luft schwebender Staubtheilchen zwischen Stern und Auge; diese von Riccioli (§. 16) vertheidigte Ansicht findet sich auch im ersten Bande der Astronomie von Robert Long (gedruckt 1742) entwickelt. Allein der Verfasser bemerkt nicht, daß wie klein auch ein Stern sein möge, das Verschwinden desselben ein Staubtheilchen von gleichem Durchmesser mit der Oeffnung unserer Pupille erfordern würde.

Wie sein Vorgänger Hooke hat übrigens Long die Beobachtung gemacht, daß die Sonnenstrahlen bei ihrer Reflexion von einem unter kleinem Gesichtswinkel gesehenen Glase lebhaft scintilliren. Von den die Erscheinung begleitenden Farben spricht er nicht.

§. 23. Mairan.

Mairan vergleicht die Scintillation mit der wellenförmigen oder oscillatorischen Bewegung, die man wahrnimmt, wenn man den Horizont „über einem weiten von der Sonne beleuchteten Gefilde" betrachtet, oder auch mit der Bewegung, welche die von einem Gegenstande ausgehenden Strahlen erleiden, wenn sie vor ihrem Eintritte in das Auge sehr nahe an der Oberfläche eines geheizten Ofens vorübergehen.*)

Da die Scintillation in etwas ganz Anderem besteht, als in einer undulatorischen Bewegung, so ist die von Mairan gebrauchte Vergleichung völlig ohne Object und ohne Nutzen.

---

*) Mémoires de l'Académie des sciences, 1743, S. 28.

§. 24. Michell.

Der geistreiche Physiker Michell gibt folgende Erklärung für das Phänomen der Scintillation.

Ein einfaches Lichttheilchen bringt einen merklichen Eindruck auf unser Gesichtsorgan hervor, einen Eindruck von einer gewissen Dauer. Damit ein Gegenstand überhaupt sichtbar werde, wird es ausreichen, daß eine kleine Anzahl von Lichtmolecülen — drei oder vier, wenn man will — in jeder Secunde zu uns gelange. Vielleicht übersteigt die Zahl derer, die wir von den glänzendsten Sternen, selbst vom Sirius empfangen, nicht drei oder vier Tausend in der Secunde. In diesem Falle wäre es nichts Außerordentliches, wenn die Ungleichheiten, welche in der Anzahl der jede Viertel- oder Fünftelsecunde in das Auge gelangenden Strahlen — mögen sie vereinzelt oder in großer Masse kommen — durch den Zufall (chance) herbeigeführt werden, genügten, um die Intensitätsänderungen zu rechtfertigen, die die Scintillation bedingen und sich so häufig wiederholen. Eine Vermehrung oder Verminderung von 1 auf 20 muß diese Resultate zur Folge haben. Dies wird nicht zweifelhaft erscheinen, wenn man berücksichtigt, daß der Stern in der Mitte des Schwanzes des großen Bären blos fünfzehn bis zwanzig Mal heller ist, als der kleine Stern daneben.

Nach Michell sind die rothen und blauen Strahlen im weißen Lichte in geringerer Menge vorhanden, als die Strahlen der dazwischen liegenden Farben. Alsdann wird die von dem common effect of chance herrührende Ungleichheit verhältnißmäßig größer in Bezug auf Roth und Blau als für die übrigen Farben sein, und ein kleiner Ueberschuß oder ein kleines Minus in der Anzahl der erstgenannten Strahlen zu den Farbenerscheinungen Veranlassung geben, welche die Scintillation stets zu begleiten pflegen.

Was ist bei dieser Erklärung unter dem common effect of chance zu verstehen? Hängen die Intensitätsänderungen von reellen Ungleichheiten in der Emission der Strahlen, oder von dem Einflusse unserer Atmosphäre ab? Im erstern Falle würden die Sterne in verschiedener Höhe über dem Horizonte gleich stark funkeln, was nicht der Fall ist. Im zweiten Falle müßten die atmosphärischen Zu-

stände angegeben werden, welche die Eigenschaft hätten, den common effect of chance häufig in höherem Maaße rücksichtlich der rothen und blauen Strahlen, als in Bezug auf die übrigen hervorzubringen; ohne diese Forderung würde Nichts erklärt und das Phänomen eben nur mit andern Ausdrücken beschrieben sein.

Schließlich scheint aus der von Michell aufgestellten Hypothese zu folgen, daß in einem Fernrohre die Scintillation ganz wegfallen müßte; und wie sollte man auf Grund seiner Theorie die auf S. 15 beschriebenen Erscheinungen, die außerhalb des Brennpunkts auftreten, erklären?

§. 25. Lalande.

„Der Durchmesser eines Sterns", sagt Lalande*), „ist so gering, daß die kleinsten materiellen Theilchen, die von der Atmosphäre getragen zwischen unserem Auge und dem Sterne vorüberfliegen, hinreichen, um uns den letzteren zu verbergen und dann wieder zu zeigen. Denkt man sich nun dieses abwechselnde Verschwinden und Wiedererscheinen oft und flüchtig genug, um für unser Auge kaum von einander unterscheidbar zu sein, so wird es begreiflich, daß die Bilder der Sterne fortwährend zu zittern scheinen müssen."

In der gegebenen Schlußfolgerung ist ein offenbarer Fehler enthalten, wie Michell schon im Jahre 1777 bemerkt hat (vergl. die Philosophical Transactions).

Keineswegs würde das kleinste undurchsichtige Massentheilchen hinreichen, um einen Stern zum Verschwinden zu bringen, wie gering sein scheinbarer Durchmesser immerhin sein möchte, sondern es müßte das materielle Theilchen jedenfalls einen Durchmesser von mindestens gleicher Größe mit der Oeffnung der Pupille haben: so voluminöse Körper sieht man aber in der Regel nicht in unserer Atmosphäre umherfliegen. Und selbst wenn es solche undurchsichtige Molecüle gäbe, würde man die Erklärung der Farben vermissen.

*) Lalande, Astronomie, Bd. III, S. 85.

§. 26. Muſſchenbroek.

Nachdem Muſſchenbroek ſeine hinſichtlich der Scintillation gemachten Beobachtungen auseinandergeſetzt, und die Behauptung ausgeſprochen hat, daß das Phänomen „unabhängig ſei von der Atmoſphäre oder den zahlreichen Ausdünſtungen, die ſich in derſelben erheben", findet er Nichts weiter darüber zu ſagen, als daß „die Scintillation von der Lebhaftigkeit des Lichtes und von der Activität (activité) abhängt, mit welcher daſſelbe auf unſer Geſichtsorgan einwirkt!"*)

Damit wird natürlich die Frage um keinen Schritt weiter gebracht; denn es bleibt zu beantworten, wie die Lebhaftigkeit des Lichtes und die Activität ſeiner Einwirkung auf den Geſichtsſinn im Stande ſein ſollen, die Scintillation zu erzeugen.

Auch wird man bemerken, daß dieſe vorgebliche Erklärung ſchon von Gaſſendi (§. 15) gegeben worden iſt.

§. 27. Darwin.

Wenn ein Gelehrter einen großen Theil ſeines Lebens auf das Studium eines ſpeciellen wiſſenſchaftlichen Gegenſtandes verwendet hat, ſo wird er unwillkürlich und durch eine natürliche Tendenz des menſchlichen Geiſtes dazu verleitet, den Urſprung, die Urſache und die Erklärung auch ſolcher Erſcheinungen auf ſeinem Lieblingsgebiete zu ſuchen, welche zu demſelben in keinerlei Beziehung ſtehen. Dies iſt Darwin begegnet.

Wenn die Netzhaut auf einem begrenzten Theile ihrer Fläche durch die Einwirkung von farbigem Lichte, z. B. von Roth, gereizt wird, und das Auge alsdann nach einem weißen Grunde blickt, ſo ſieht es ſofort ein Bild, deſſen Farbe aus der Vereinigung aller Farben des Prismas, mit Ausſchluß des Roth, entſpringt. Das Reſultat iſt ein verſchiedenes, beruht aber auf demſelben Principe, wenn der Grund, nach welchem das gereizte oder ermüdete Auge blickt, ſelbſt farbig iſt.

Vorſtehendes zur Erklärung der ſogenannten Contraſtphänomene

*) S. 465 des 2. Bandes der franzöſiſchen Ausgabe.

mit Recht aufgestellte Princip hat nun Darwin anzuwenden versucht, um von dem bei der Scintillation des Sirius von Melville beobachteten Farbenwechsel Rechenschaft zu geben.

Das Auge, sagt er, war durch die weißen und glänzenden Strahlen des Sterns gereizt, und mußte, wenn es dann auf den blauen Grund des Himmels blickte, ein blaues Bild sehen.

Gegen diese Erklärung ist so viel einzuwenden, daß man in der That nicht weiß, womit man anfangen soll.

Zunächst zeigen sich die Farben am Stern selbst und nicht zur Seite, auch erscheinen sie in der dunkelsten Nacht, wo das Blau des Himmels absolut keine Rolle spielen kann. Ferner bemerkt man nicht blos Blau, wenn Sirius funkelt, sondern auch Grün, Gelb, Roth, und für diese Farben ließe sich aus dem Spectrum im Auge schwerlich eine Erklärung herleiten. Wie wollte man endlich — um nur dies noch anzuführen — rechtfertigen, daß in gewissen Klimaten und zu gewissen Jahreszeiten die die Scintillation der Sterne begleitenden Farben fast ganz und gar wegfallen: sollen etwa die physiologischen Eigenschaften des Auges in solchem Falle ihre Wirkung verlieren?

Man ist in der That erstaunt und verwundert, wenn man sieht, daß eine Theorie, die nicht die geringste Prüfung verträgt, in einer wissenschaftlichen Sammlung wie die Philosophical Transactions Platz finden, und unter der Autorität eines so ausgezeichneten Mannes wie Darwin hat auftreten können.

§. 28. Saussure.

Saussure erblickt im Funkeln der Sterne ein Schwanken der Lichtstrahlen, hervorgerufen durch alternirende Verdichtungs- und Verdünnungszustände in gewissen Theilen der Atmosphäre. *)

Diese Vorstellung von der Scintillation fanden wir schon bei Alhazen und bei Hooke, Newton folgt ihr zum Theil, und Mairan schließt sich ihr vollkommen an. Wir werden sie noch bei einigen Autoren der Neuzeit finden: indeß wird sie durch die einzige Bemerkung beseitigt, daß die Scintillation nicht in einem Oscilliren der

*) Voyage au Col du Géant, 4. Bd. S. 303.

Bilder bestehen kann, wie aus dem §. 17 erwähnten Versuche hervorgeht.

§. 29. Odström.

Odström (man vergleiche den 19. Paragraphen über Kern) läßt die Scintillation abhängen von dem Dazwischentreten undurchsichtiger Körper oder Dünste, entweder von gleicher oder größerer Oberfläche, als die Pupille, wobei das Verschwinden der Sterne eintritt, oder von geringerer Oberfläche als die Oeffnung des Auges, was alsdann nur eine Schwächung des Lichtes zur Folge haben würde.

Auf diese Weise sucht Odström zu erklären, weshalb die Sterne — nach der gewöhnlichen Meinung, der er sich anschließt, — in den Fernröhren, und vornämlich in den Teleskopen mit weiter Oeffnung, nicht scintilliren.

Was die Planeten betrifft, so rührt ihr seltenes Funkeln daher, daß die undurchsichtigen Dünste selten einen scheinbaren Durchmesser von der Größe einer Planetenscheibe besitzen, und daß die Verminderung eines an sich schwachen Lichtes eine geringere Wirkung hervorbringt, als die proportionale Schwächung eines glänzenden Lichtes.

Für die Widerlegung der Odström'schen Erklärung verweise ich auf die Abschnitte über Scheiner, Riccioli, u. s. w. (§§. 12, 16.)

§. 30. Young und Nicholson.

In seinen Lectures on Natural Philosophy *) sagt Young von der Scintillation der Gestirne:

„Die Ursache des Funkelns der Sterne ist nicht vollkommen bekannt, doch bringt man diese Erscheinung nicht ohne einige Wahrscheinlichkeit mit Veränderungen in Verbindung, welche in der Atmophäre fortwährend vorgehen und ihr Brechungsvermögen (its refractive density) alteriren."

Nicholson führt zuerst den merkwürdigen Versuch an, bei welchem das Bild des Sirius in einen farbigen Lichtstreifen verwandelt wurde, woraus er schließen zu müssen glaubte, daß das Bild des Sirius

---

*) 1. Band, S. 490.

wenigstens dreißig Mal in der Secunde seine Farbe ändert, und spricht dann aus, daß er in keiner ihm bekannten Eigenschaft des Lichtes eine Aufklärung für diese Erscheinung gefunden habe.

Vielleicht erscheint es auffallend, daß ich nach diesen beiden so bestimmten negativen Auslassungen die Namen von Young und Nicholson in die Reihe derjenigen Astronomen stelle, welche für die Scintillation eine Erklärung geben zu können vermeinten. Zu meiner Entschuldigung habe ich anzuführen, daß es mir nicht unintereffant schien zu constatiren, daß der Urheber der Lehre von den Interferenzen — wenigstens soweit die durchlaufenen Wege in Betracht kommen, — so wie daß der Erfinder des einzigen wirklich neuen Versuchs, der seit Aristoteles' Zeiten bis auf die Gegenwart über die Scintillation angestellt worden: daß diese beiden Männer den Schwierigkeiten des Problems gegenüber nicht anstanden, offen auszusprechen, daß ihnen keine Erklärung bekannt sei. In diesem Geständniß liegt mehr wahres Verdienst, als in so vielen vorzeitigen oder mißlungenen Erklärungsversuchen.

§. 31. Biot.

Biot hält die Scintillation für eine Art von Zittern oder Schwanken (déplacement) der Sterne, verursacht durch häufige Ungleichheiten in den Brechungen, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmospäre erleiden. Diese Ungleichheiten in der Refraction schreibt mein berühmter College der mehr oder minder unregelmäßigen Condensation der in der Luft aufgelösten wässerigen Dünste, so wie den daraus hervorgehenden localen und vorübergehenden Aenderungen in der Dichtigkeit oder der Temperatur zu.

Die Abwesenheit der Scintillation bei den Planeten sucht Biot mit seiner Hypothese in Einklang zu bringen, indem er sagt, daß die zufälligen Ungleichheiten der Brechungen in der Atmosphäre nicht stark genug sind, um die Scheiben der Planeten ganz von der Stelle zu rücken. *)

---

*) Traité d'Astronomie physique, 1. Bd. S. 231 u. 232 der zweiten Ausgabe.

Bestände die Scintillation in der That — was jede genaue Beobachtung widerlegt, — in einem Schwanken oder einer Verrückung der Bilder der Gestirne, so könnte diese Erklärung zulässig erscheinen. Immer würde aber die Frage wegen des Farbenwechsels bei diesen Bildern zu beantworten bleiben, was nicht leicht scheint, sobald man sich darauf beschränkt, nur die Ungleichheiten in der Brechung eine Rolle spielen zu lassen.

Um dem Vorwurfe zu entgehen, eine in der zweiten Ausgabe der Astronomie physique gegebene Theorie zu widerlegen, während sie in der dritten Auflage eine veränderte Darstellung gefunden habe, so will ich hinzufügen, daß diese Veränderungen keinen wesentlichen Punkt betreffen, und daß der Verfasser die Scintillation immer aus einer Art von Schwanken (trépidation) der Sterne herleitet, welches zuweilen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar wäre: das hieße aber den Betrag solcher Schwankungen zu wenigstens einer Bogenminute annehmen, allen Resultaten der sichersten Beobachtungen entgegen. Ferner fühlt Hr. Biot in der dritten Ausgabe seines Werkes das Bedürfniß, den Farbenwechsel beim Funkeln der Sterne in Betracht zu ziehen, wovon in der zweiten keine Rede war, und hat die Güte der Beziehung zu gedenken, in welcher nach meinem Dafürhalten dieses Phänomen zur Theorie der Interferenzen steht. Von den in den Fernröhren beobachteten Erscheinungen sagt der gefeierte Physiker jedoch kein Wort.

§. 32. Forster.

Im Jahre 1824 veröffentlichte Forster eine Abhandlung,*) worin er sagt, daß er anfänglich der Meinung gewesen sei, die Farbenänderungen, welche ein Stern beim Scintilliren erfährt, „irgend einer im Sterne selbst eintretenden Veränderung zuschreiben zu müssen, oder einer Rotationsbewegung, vermöge deren von der Oberfläche des Gestirnes successiv Theile von verschiedener Farbe für unsere Erde sichtbar würden. Jetzt glaube ich jedoch, fährt er weiter fort, daß das Phänomen unserer Atmosphäre angehört. Ich denke mir, daß in den oberen Theilen der Luft eine Art undulatorischer Bewegung stattfinden

*) Siehe weiter unten den §. 3 des auf diesen Aufsatz folgenden Anhangs.

mag, und daß die wechselnden Farben auf dem Wege der Refraction erzeugt werden: indem nämlich die Atmosphäre alsdann wie ein unvollkommenes Prisma wirkt, kann sie dem Auge verschiedene Farben zusenden, welche den verschiedenen Neigungen, die die Grenzflächen der undulirenden Theile annehmen, entsprechen."

Wie hat Forster übersehen können, daß seiner Hypothese zufolge jeder scintillirende Stern sich dem unbewaffneten Auge sowohl, wie bei der Betrachtung durch das Fernrohr, in der Gestalt eines verlängerten prismatischen Spectrums mit deutlich getrennten Farben zeigen müßte, und daß die atmosphärische Refraction selbst in großen Höhen intermittirende Veränderungen erleiden würde, von denen die Beobachtung keine Spur zeigt?

§. 33. Capocci.

Der Director der Sternwarte zu Neapel, Capocci, hat in der zweiten Nummer der Sitzungsberichte der neapolitanischen Akademie aus dem Jahre 1842 seine Theorie der Scintillation entwickelt.

Capocci unterscheidet in der Scintillation zwei getrennte Phänomene: die Bildung der divergirenden Strahlen, welche nach allen Richtungen hin von den Sternen auszugehen scheinen (l'irragiamento), und die Scintillation im eigentlichen Sinne, vermöge deren der Strahlenkranz sich beständig abwechselnd ausdehnt und zusammenzieht.

Zunächst erklärt er, daß die Ursache der divergirenden Strahlen in unserem Auge, und nicht in dem leuchtenden Körper liegt, was gewiß Niemand bestreiten wird. Ich darf selbst hinzufügen, daß der Beweis, den er für seine Meinung zu geben sich die Mühe nimmt, und den er aus dem ohne Zweifel von ihm für neu gehaltenen Versuche schöpft, bei welchem die Strahlen eines Sterns sich zu drehen und der Bewegung des Kopfes genau zu folgen scheinen, bereits in einem Aufsatze von Hassenfratz enthalten ist, von dem ein Auszug im 49. Bande des Journal de physique aus dem Jahre 1809 enthalten ist.

Ebensowenig wird Jemand der Behauptung Capocci's widersprechen, wonach die divergirenden Strahlen, welche die Bilder der

Sterne zu umgeben scheinen, eine desto weitere Ausdehnung besitzen, je glänzender die Sterne sind. Gewiß ist Keiner, der nicht bemerkt hat, welch' beträchtlichen Raum die Sterne erster Größe für das unbewaffnete Auge am Firmamente einzunehmen scheinen, während die Bilder der Sterne vierter und fünfter Größe im Gegentheil verhältnißmäßig klein erscheinen. Das ist gewissermaßen ein Axiom, das auch für terrestrische Lichtquellen Gültigkeit hat. Aber worin gewähren alle diese kaum noch zeitgemäßen Beobachtungen neue Einsichten in das Wesen der Erscheinung, um deren Erklärung es sich handelt?

Wenn ein Stern seine Intensität ändert, so werden zugleich die Strahlen, die ihn zu umgeben scheinen, ihre Ausdehnung ändern: darüber hat niemals ein Zweifel obgewaltet: die Frage ist vielmehr nach dem Grunde jener Intensitätsänderung. Wenn man hier mit Capocci erwiedert, die Ursache liege in dem Mangel einer homogenen Durchsichtigkeit der Atmosphäre, so ist damit die Schwierigkeit nur anders ausgedrückt, aber nicht aufgelöst. Woher sollen bei dieser vorgeblichen Erklärung die selbst dem bloßen Auge so auffälligen Farbenwechsel der Bilder der Sterne, oder die merkwürdigen Veränderungen rühren, welche man in den Fernröhren wahrnimmt, u. s. w.? Wenn man diese wesentlichen und charakteristischen Züge eines Phänomens ganz bei Seite läßt, und andererseits einräumt, mit den Bemühungen eines anderen Astronomen, um davon Rechenschaft zu geben, wohlbekannt zu sein, so heißt das, darf ich wohl sagen, mehr als leichtfertig gehandelt; es liegt darin ein Verkennen der Ansprüche, welche man an Etwas, was unter dem ehrenvollen Namen einer Erklärung oder einer Theorie vorgetragen wird, zu stellen wohlberechtigt ist.

Mit Unrecht versucht Capocci seine nichtssagenden Bemerkungen unter die Autorität eines so großen Namens wie Galilei zu stellen. Der gefeierte florentiner Astronom erblickte in den Feuchtigkeiten unseres Gesichtsorgans die Ursache der divergirenden Strahlen, von denen die Sterne dem unbewaffneten Auge umgeben zu sein scheinen; was aber den total verschiedenen Vorgang der Scintillation angeht, so suchte er die Ursache in dem Gestirn selbst, wie ich auseinandergesetzt habe (§. 10).

§. 34. Kämtz.

Der ausgezeichnete deutsche Physiker Kämtz hat sich in seinem Werke über Meteorologie ausführlich mit dem Funkeln der Sterne beschäftigt. Er betrachtet das Phänomen zum Theil als ein Schwanken des Sternes um seine mittlere Position: eine Annahme, die wie schon erwähnt, mir nicht statthaft erscheint. Das Schwanken müßte in der That sehr beträchtlich sein, um mit bloßem Auge wahrgenommen zu werden; alsdann aber würde es in den astronomischen Instrumenten sich bemerkbar machen und die Beobachtungen hindern. Ich wiederhole, es ist ein Irrthum, wenn man zwischen dem Scintilliren und den Oscillationen der Sterne einen nothwendigen Zusammenhang finden will.

Da die Planeten, fügt der Autor hinzu, einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40 Secunden besitzen, so ist es schwieriger, ihre scheinbare Volumveränderung zu schätzen. Ich erlaube mir keine kritische Bemerkung zu dieser Stelle, weil es vielleicht an einem Irrthume der französischen Uebersetzung liegt, daß hier von einer Volumveränderung die Rede ist. *)

Hr. Kämtz erkennt an, daß außer seiner vorgeblichen oscillatorischen Bewegung bei der Scintillation Variationen in der Intensität und der Färbung eintreten, und erinnert in dieser Beziehung daran, daß der Verfasser des gegenwärtigen Aufsatzes schon vor geraumer Zeit diese beiden Phänomene an die Theorie der Interferenzen zu knüpfen versucht hatte. Allein was er darüber sagt, ermangelt einigermaßen der Klarheit und sogar der Genauigkeit, sofern Kämtz die Gesetze, die die gegenseitige Verstärkung und Aufhebung der Lichtstrahlen bedingen, welche ungleich brechende Schichten durchlaufen haben, sich nicht vollständig vergegenwärtigt zu haben scheint. So betrachtet er z. B. eine Ungleichheit in den durch die interferirenden Strahlen erlittenen Brechungen als die einzige Ursache, welche die Vernichtung der

*) Die Stelle lautet wörtlich in Kämtz' Lehrbuch der Meteorologie, Bd. 3, S. 76: „bei den Planeten, welche einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40″ haben, wird es schwerer, die geringe Vergrößerung des letztern zu bemerken,“ u. s. w. Ebenso ungerechtfertigt ist der Kämtz im folgenden Absatze gemachte Vorwurf. Anmerk. d. d. Ausg.

verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen das Spectrum besteht, successive herbeiführen könnte, während aus dem, was im 15. Kapitel ausführlich dargelegt worden ist, folgt, daß zwei Strahlenbündel in ihrem Kreuzungspunkte sich addiren oder aufheben, ohne daß man eine Ungleichheit in der Brechung zu Hülfe zu nehmen braucht. Die Erscheinungen, welche man bei der Scintillation in den Fernröhren beobachtet, und auf die ich die Aufmerksamkeit des Lesers ganz besonders gelenkt habe, scheint Kämtz nicht gekannt zu haben.

§. 35. Arago.

Gleich anfangs, als ich über die Ursachen der Scintillation nachzudenken begann, kam mir der Gedanke, daß der Wechsel in der Intensität und Farbe der Sterne in Beziehung stehe zu den Erscheinungen der dünnen Blättchen, welche Newton so eingehend untersucht hat.

Nach der Theorie dieses unsterblichen Physikers gibt es für feste oder flüssige Körper jeder Art bestimmte Dicken, wobei die Körper keinen Lichtstrahl reflectiren, und ebenso andere, aber gleichfalls sehr kleine Dicken, bei denen das einfallende weiße Licht roth, gelb, grün, blau violett reflectirt wird, während die hindurchgehenden Strahlen genau die complementären Farben zeigen.

Dies vorausgesetzt wollen wir annehmen, daß in der Atmosphäre dünne Schichten, z. B. von Wasser, schweben, welche jenen verschiedenen Dicken entsprechen: dann werden die durch dieselben hindurchgesehenen Sterne nicht allein mit veränderlichem Glanze, sondern auch bald blau, bald violett, grün, gelb, roth gefärbt erscheinen.

Alle diese Folgerungen stehen im Einklange mit den Beobachtungen: warum also soll man die ihnen zu Grunde liegende Hypothese nicht als vollkommen gerechtfertigt ansehen? warum will man in zusammengesetzten Interferenzphänomenen eine Erklärung suchen, welche sich so naturgemäß aus den Eigenschaften der dünnen Platten ergibt?

Die Voraussetzung ist, daß in der Luft gewisse Platten oder Schichten schweben, dünn genug, um im durchgehenden Lichte Farben wie Roth, Gelb, Grün u. s. w. zu erzeugen. Ich glaube beweisen zu können, daß dergleichen Schichten in unserer Atmosphäre nicht vorhanden sind.

Denn nehme man eine dieser Schichten als zwischen dem Auge des Beobachters, und der Sonne, dem Mond, Jupiter, Saturn oder Mars befindlich an, so wird man augenblicklich, je nach der Dicke der eingeschalteten Platte, auf der Oberfläche des betreffenden Himmelskörpers einen rothen, gelben, blauen, grünen oder violetten Flecken sehen. Selbst am offenen blauen Himmel müßte man solche abgegrenzte farbige Stellen gewahren. Die Abwesenheit derartiger Erscheinungen berechtigt meines Bedünkens zu der Behauptung, daß die Ursache dazu nicht vorhanden sein kann.

Ein anderer, nicht minder triftiger Grund hat mich bestimmt, auf diese Erklärung zu verzichten: ich meine die Unmöglichkeit, mit Hülfe der dünnen Blättchen, wenigstens ohne zu den Interferenzen seine Zuflucht zu nehmen, das alternirende Verschwinden und Wiedererscheinen zu erklären, welches das Centrum im erweiterten Bilde eines außerhalb des Focus im Fernrohre beobachteten Sternes erfährt.

Zwanzigstes Kapitel.

Schluß.

Wer die kritischen Bemerkungen des vorigen Kapitels liest, wird es vielleicht anmaßend finden, daß weder das Alter einer Theorie noch der berühmte Name ihrer Vertreter mich abgehalten haben, den Stab darüber zu brechen. Dennoch fürchte ich nicht die Strafe der Wiedervergeltung, da allein die Liebe zur Wissenschaft und zur Wahrheit meine Einwendungen hervorgerufen hat. So werde ich auch bereitwillig jedem Einwurfe Gehör geben, der meine neue Erklärung zu entkräften geeignet sein könnte.

Meine aufrichtige Meinung ist, daß ich die Erscheinung der Scintillation nach ihrem wahren Charakter aufgefaßt habe, indem ich sie aus der Theorie der Interferenzen abzuleiten versuchte, und die Dichtigkeit oder vielmehr das Brechungsvermögen der von den Strahlen durchlaufenen Schichten in Rücksicht zog. Indessen bin ich von dem Glauben weit entfernt, als bleibe, nachdem dieser Grund gelegt,

Nichts mehr zu thun übrig, und als könne, vom theoretischen wie vom experimentellen Gesichtspunkte aus, die gegebene Erklärung nicht weiter vervollkommnet werden. So z. B. ist es meines Wissens bis jetzt Niemand gelungen, in völlig genügender Weise und mit Ableitung der numerischen Werthe, die Erscheinung der planetenähnlichen Scheiben bei den Fixsternen, nebst den Ringen, welche diese Scheiben umgeben, mit der Theorie der Interferenzen in Einklang zu bringen.

Zwar soll ein deutscher Geometer, Schwerd in Mannheim*), diese Untersuchung mit Erfolg unternommen haben, doch sagt man mir zugleich, daß seinen Rechnungen zufolge — welche sich übrigens auf einfache, nicht achromatische Linsen beziehen — der Durchmesser der Planeten bei der Beobachtung durch ein Objectiv mit reducirter Oeffnung sich ebenso wie der Durchmesser der Fixsterne vergrößern müßte: ein Ergebniß, das durch directe Beobachtungen vollständig widerlegt wird. **)

Ich habe in allgemeinen Ausdrücken die Bildung der schwarzen Löcher in der Mitte des erweiterten Bildes eines Sterns der Interferenz der dahin gelangenden directen Strahlen mit den an den Rändern der vor das Objectiv gestellten kreisrunden Oeffnung inflectirten Strahlen zugeschrieben. Schon Fresnel hat in seiner zweiten bemerkenswerthen Abhandlung über die Diffraction gezeigt, daß diese Art die Erscheinungen zu betrachten, deren sich Young vor ihm bedient hatte, nicht genau sei, sondern daß man das Integral aus den Elementarwellen nehmen müsse, welche von allen Punkten der abge-

*) Schwerd's Untersuchungen finden sich in seinem 1835 erschienenen Werke „die Beugungserscheinungen aus den Fundamentalgesetzen der Undulationstheorie" S. 74. Anmerk. d. d. Ausg.

**) Gegen Ende des Jahres 1827 erwähnte ich in der Unterhaltung gegen Hrn. Babinet der Versuche, die ich, um das Wesen der Scintillation zu ergründen, mit den dunkeln Löchern und den kleinen leuchtenden Scheiben angestellt hatte, welche man successive in der Mitte des erweiterten Bildes eines außerhalb des Focus beobachteten Sternes wahrnimmt. Diese Ergebnisse überraschten ihn in hohem Grade, und Tags darauf theilte er mir Rechnungen mit, die auf die Lehre von den Interferenzen gegründet waren und eine genügende Rechtfertigung jener Phänomene enthielten. Es ist sehr zu wünschen, daß die Untersuchungen meines gelehrten Collegen der Oeffentlichkeit nicht mehr lange entzogen bleiben.

brochenen Wellen ausgehen. Diese Bemerkung wird nicht zu übersehen sein, wenn man der Erklärung die volle mathematische Strenge geben will.

Es könnte scheinen, als müßten die im Centrum der erweiterten Bilder der Sterne auftretenden Löcher successive roth, gelb, grün, blau u. s. w. gefärbt sein; dieselben sind jedoch vollkommen schwarz. Ebenso sollte man auf den ersten Blick meinen, die veränderlichen Punkte oder Scheiben, welche sich in der Mitte jener Löcher vorübergehend bilden, müßten der Reihe nach alle Farben des Spectrums durchlaufen: indessen zeigt die Beobachtung, daß diese intermittirenden leuchtenden Punkte von außerordentlicher Weiße sind, sobald man sich eines achromatischen Objectivs bedient. Aber warum will man sich auf den ersten Anschein verlassen? Ich erinnere mich, daß ein Mitglied*) der mit der Prüfung des zweiten Aufsatzes von Fresnel über die Diffraction beauftragten Commission gegen die Theorie des gefeierten Physikers einen Einwand erhob, den er für unwiderlegbar erachtete: er hatte nämlich durch Rechnung gefunden, daß in einem gewissen Abstande von einem undurchsichtigen kreisrunden Schirme das Centrum des von demselben geworfenen Schattens vollkommen glänzend und weiß sein müßte, und daß seine Helligkeit dem Lichte nicht merklich nachstehen könnte, welches den äußern Rand des Schirms oder des Schattens umgab. Als ich den Versuch anstellte, fand sich das bezweifelte Resultat der Rechnung in völliger Uebereinstimmung mit der Beobachtung.

Uebrigens hängt vielleicht die Abwesenheit der Farben an den leuchtenden Punkten, die sich von Zeit zu Zeit in der dunkeln Mitte des erweiterten Bildes eines Sterns zeigen, von dem Achromatismus des Objectivs ab; es ist wenigstens sicher, daß man sie nicht durch die Schwäche des Lichtes erklären kann; denn wenn man nach dem Verfahren von Nicholson das Bild des Sterns in einem Lichtstreifen auflöst, so sieht man den jenen leuchtenden Punkten entsprechenden Streifen unter allen prismatischen Farben.

Ich füge hinzu, daß als ich eines Tags die reflectirten Strahlen der Sonne betrachtete, wenn ich nicht irre, an der dem Kreuze auf der

---

*) Poisson. Anmerk. d. d. Ausg.

Kuppel der Sorbonne zur Unterlage dienenden Kugel, ich das Sonnenbild stark scintillirend fand, und daß der leuchtende Punkt, der im Centrum des wie bei dem Versuche mit den Sternen erweiterten Bildes auftrat, mir lebhaft farbig erschien.

Um die Rolle kennen zu lernen, welche die Intensität des Lichtes bei diesem Phänomene spielt, hatte ich vollkommen polirte Kugeln aus Glas und aus Metall von verschiedenem Durchmesser anfertigen lassen; ferner beabsichtigte ich auf experimentellem Wege den Gesichtswinkel zu bestimmen, welchen der Durchmesser des Sonnenbildes haben müsse, um auch unter den günstigsten atmosphärischen Umständen keine Scintillation mehr zu zeigen.

Ich nahm mir auch vor, den Einfluß zu untersuchen, den man bei der Gesammtheit dieser Phänomene dem Oculare zuzuschreiben geneigt sein könnte.

Allein der Zustand meiner Gesundheit, und vornämlich meiner Augen, zwingt mich Anderen, Glücklicheren die Aufgabe der Vervollständigung dessen zu überlassen, was ich nur oberflächlich andeuten konnte.

Eine reiche Ernte interessanter Beobachtungen und Untersuchungen vom Gesichtspunkte der allgemeinen Optik und der Undulationstheorie bietet sich dar, wenn man die Gestalt der Oeffnung, durch welche das Licht in das Fernrohr eintritt, Abänderungen unterwirft.

So haben meine beiden jungen Mitarbeiter, die Herren Goujon und Charles Mathieu ein gleichseitiges Dreieck statt eines Kreises benutzt, und sind zu sehr merkwürdigen Resultaten gelangt: doch darf ich ihnen das Vergnügen nicht rauben, sie der gelehrten Welt selbst mitzutheilen.

Anhang.

[Der Aufsatz über die Scintillation der Sterne ist im Annuaire des Längenbureau für 1852 veröffentlicht und im Vorstehenden mit leichten Correctionen abgedruckt worden. Er enthält die definitive Redaction, unter welcher Arago seine Ideen über dieses merkwürdige Phänomen, nach einer Beschäftigung von länger als vierzig Jahren, niedergelegt hat. Vorher hatte Arago bei drei verschiedenen Gelegenheiten die Hauptpunkte seiner Erklärung des Sternefunkelns kurz mitgetheilt: im Jahre 1814 in einer an Herrn von Humboldt gerichteten Notiz, welche sich am Schlusse des vierten Buches der Reise in die Aequinoctialgegenden des Neuen-Continents abgedruckt findet; im Jahre 1824 in den Annales de chimie et de physique, bei Gelegenheit eines Aufsatzes von Forster über die zurückwerfende, brechende und zerstreuende Kraft des Lichtes; endlich im Jahre 1840 in einer der Akademie der Wissenschaften mitgetheilten Abhandlung, wovon ein kurzer Auszug im 10. Bande der Comptes rendus erschienen ist.

Der folgende Anhang enthält die drei aus den erwähnten Zeiten stammenden Noten des gefeierten Gelehrten, sowie eine vierte Notiz über ein Diffractionsphänomen, welche am 26. Februar 1816 in der naturwissenschaftlichen Classe des Instituts vorgetragen ward.]

§. 1. Erklärung der Erscheinung der Scintillation, im Jahre 1814 Herrn von Humboldt mitgetheilt und am Schlusse des 4. Buches seiner **Reise in die Aequinoctialgegenden des Neuen-Continents** abgedruckt.

Von der Mehrzahl der Physiker und Astronomen, die sich mit der Scintillation der Sterne beschäftigt haben, ist der vielleicht bemerkens-

wertheste Umstand dieser Erscheinung unberücksichtigt gelassen worden: ich meine die plötzlichen und häufigen Farbenwechsel, welche das Phänomen jederzeit begleiten. Die seit einigen Jahren in der physikalischen Theorie des Lichtes gemachten Fortschritte gestatten uns, wie mir scheint, die Erklärung dieses merkwürdigen Vorganges an die Lehre von den Interferenzen zu knüpfen, deren Entdeckung wir dem Dr. Young verdanken.

Aus den Versuchen dieses gefeierten Physikers hat sich ergeben, daß wenn zwei Strahlen von homogenem Lichte auf zwei wenig von einander verschiedenen Wegen in einem und demselben Punkte des Raumes zusammentreffen, sie sich addiren oder sich gegenseitig aufheben, je nachdem der Unterschied in der Länge der durchlaufenen Strecken den einen oder den anderen Werth hat. Die Unterschiede, welche der Aufhebung verschiedenfarbiger Strahlen entsprechen, sind nicht völlig gleich, und zwar bewirkt diese Ungleichheit, daß das Resultat der Interferenz oder der Vermischung zweier weißer Strahlenbündel jederzeit von einer merklichen Färbung begleitet ist: der Versuch zeigt außerdem (siehe §. 2 dieses Anhangs), daß wenn man die Stelle aufsucht, wo zwei Lichtbündel einen gewissen Einfluß aufeinander ausüben können, es nicht genügt, die Differenz der zurückgelegten Wege in Rechnung zu ziehen, sondern daß auch die Berücksichtigung der ungleichen Brechbarkeit der durchlaufenen Mittel erforderlich ist. Setzt man dies voraus, so läßt sich leicht darthun, daß die von einem und demselben Punkte ausgehenden Strahlen, welche sich im Brennpunkte einer Linse von geringer Ausdehnung vereinigen, übereinstimmend schwingen oder sich addiren, wenn sie sämmtlich Mittel von gleicher Dichtigkeit oder von dem nämlichen Brechungsvermögen durchlaufen haben: dagegen ergibt sich aus derselben Ueberlegung, daß eine ungleiche Brechbarkeit, je nachdem man die stattfindenden Abweichungen größer oder kleiner annimmt, in demselben Focus die Neutralisation dieser oder jener Classe von Strahlen zur Folge haben wird. Die Anwendung dieser Betrachtungen auf die Scintillation der Sterne lehrt, daß wenn alle Strahlen, die zu den verschiedenen Theilen der Pupille gelangen, beständig atmosphärische Schichten von der nämlichen Dichtigkeit durchlaufen, das Bild des Sterns stets dieselbe In-

tensität und Farbe haben muß, während im entgegengesetzten Falle Farbe und Glanz jeden Augenblick wechseln können. Für einen Stern im Zenith werden unter denselben Umständen die seine Scintillation bedingenden Einflüsse viel schwächer sein, als für einen Stern in geringer Höhe über dem Horizonte. Unsere Klimate werden ferner das Funkeln der Sterne weniger begünstigen, als die Tropengegenden, wo die Wärme in den atmosphärischen Schichten gleichförmiger vertheilt ist (?). Die Intensitätsänderungen wird man leichter bei den Sternen erster Größe wahrnehmen, wo sie von einem entschiedneren Farbenwechsel begleitet sind, als bei den schwachen Sternen; das Gleiche gilt von den weißen Sternen im Vergleich zu denjenigen, welche von Natur ein farbiges Licht besitzen. Alle diese Umstände sind, wenn ich mich nicht irre, im Einklange mit den Beobachtungen.

§. 2. Notiz über ein merkwürdiges, bei der Diffraction des Lichtes beobachtetes Phänomen, am 26. Februar 1816 im Institut gelesen.

Die Classe hat Hrn. Poinsot und mich mit der Prüfung einer Abhandlung über die Diffraction des Lichtes beauftragt, welche von dem früheren Zöglinge der polytechnischen Schule und jetzigen Ingenieur für Brücken- und Wegebau, Herrn Augustin Fresnel, ihr vorgelegt worden ist. So weit es der Zustand des Himmels gestattete, habe ich mich mit der Verification der Gesetze beschäftigt, auf die der geschickte Physiker geführt worden ist, und welche mir bestimmt scheinen in der Wissenschaft Epoche zu machen. In kurzer Zeit wird diese Arbeit vollständig genau sein, um der Classe den ausführlichen Bericht vorlegen zu können; indessen glaube ich schon jetzt aus meinen Beobachtungen eine mir neu scheinende Thatsache mittheilen zu sollen, welche in Verbindung mit der in der Abhandlung des Hrn. Fresnel entwickelten Theorie zu wichtigen Consequenzen zu führen scheint.

Stellt man einen undurchsichtigen Körper in den Weg eines Lichtbündels, so wird der äußere Rand seines Schattens durch Streifen von verschiedener Farbe und Breite begrenzt. Newton hat diese Streifen im dritten Buche seiner Optik untersucht, allein mit keinem

Worte erwähnt der gefeierte Physiker der nicht minder merkwürdigen Streifen, welche sich im Innern des Schattens sehr schmaler Körper bilden, obwohl bereits Grimaldi in seinem Werke eine detaillirte Beschreibung davon gegeben hatte. Vielmehr spricht Newton in bestimmten Worten aus, daß gar kein Licht in den Kernschatten eindringe. Die Ungenauigkeit dieses Resultats haben Maraldi und Delisle hinlänglich dargethan, welche übrigens zu dem, was Grimaldi lange Zeit vorher entdeckt hatte, nichts Wesentliches hinzufügten. Dies war der Stand unserer Kenntnisse über diese delicate Frage, als der Dr. Thomas Young einen sehr merkwürdigen Versuch anstellte (beschrieben in den Philosophical Transactions aus dem Jahre 1803), aus welchem sich ergab, daß es genügt, um die Gesammtheit der im Innern des Schattens eines Körpers gebildeten Streifen zum Verschwinden zu bringen, mittelst eines undurchsichtigen Schirmes den Theil des Lichtes aufzufangen, der blos an einem der beiden Ränder vorbeizugehen bestimmt ist, während die den entgegengesetzten Rand berührenden Strahlen ihren Lauf wie vorher ungestört fortsetzen können.

Der Versuch nun, der den Gegenstand der gegenwärtigen Notiz bildet, besteht darin, daß um die Gesammtheit der inneren Streifen ebenfalls zum Verschwinden zu bringen, man sich eines durchsichtigen Glases mit parallelen Flächen an der Stelle des vom englischen Physiker angewandten undurchsichtigen Schirmes bedienen kann. Hr. Young hatte gezeigt, daß die Erzeugung der inneren farbigen Streifen die gemeinschaftliche Wirkung der beiden weißen Lichtbündel erheischt, welche an den zwei Rändern des Körpers in den Schatten hinein gebeugt werden. Was ich so eben hinzugefügt habe, beweist ferner, daß diese Lichtbündel nur dann jene Streifen hervorbringen, wenn sie sich unter gewissen besonderen Umständen treffen, und ein Argument, welches über die Natur dieser Umstände keinen Zweifel übrig zu lassen scheint, liegt darin, daß man das Verschwinden der Streifen allmälich desto vollkommener herbeiführen kann, je größer man die Dicke der durchsichtigen Glasschirme wählt. So verlöschen z. B. äußerst dünne, an der Glasbläserlampe geblasene Glasplättchen nicht die inneren Streifen, sondern verrücken sie sämmlich um einen, zwei, drei u. s. w. Intervalle, je nach Verhältniß ihrer Dicke. Ich habe Glimmerblättchen

angetroffen, welche sie in den Raum hinüberrückten, den die gewöhnlichen äußeren Streifen einnahmen, und dies führt auf den Gedanken, daß auch die auf blos einer Seite des Körpers angebrachten Gläser von größerer Dicke die Streifen nur dadurch zum Verschwinden bringen, daß sie dieselben in den durch das nicht gebeugte Licht erleuchteten Raum hinüberrücken. Bei jedem Abstande haben die inneren Streifen eine symmetrische Lage zu beiden Seiten von der Mitte des Schattens. Die unter dem Einflusse der kleinen Glasplatte sich bildenden Streifen dagegen treten mehr oder weniger aus dem Schatten heraus je nach der Entfernung, in der man sie vom Körper auffängt, und nähern sich immer dem Rande, an welchem die Platte angebracht ist. Wie dick auch das eingeschaltete Glas genommen werden mag, so thut es der Bildung der inneren Streifen keinen Eintrag, wenn es den Rand des undurchsichtigen Körpers auf beiden Seiten überragt, dergestalt daß die nach Innen inflectirten Strahlen die nämliche Glasdicke zu durchlaufen haben. Zwei zu beiden Seiten des Körpers aufgestellte verschieden dicke Gläser wirken wie eine einzige Glasplatte, deren Dicke dem Unterschiede jener gleichkommt.

Alle Umstände dieses Experiments erklären sich vortrefflich mittelst der von Hrn. Fresnel angenommenen Theorie; allein hierzu müßte man voraussetzen, daß das Licht sich langsamer im Glase, als in der Luft bewegt. In der That würden alsdann die Erscheinungen in einen so befriedigenden Zusammenhang treten, daß man den Geschwindigkeitsverlust für jede Glasdicke oder für jedes andere beliebige Mittel, als Function einer Undulation in der Luft, dieselbe als Einheit genommen, leicht berechnen könnte. Ich darf selbst hinzufügen, daß Hr. Fresnel die durch die Einschaltung einer dünnen Platte erhaltene Wirkung voraussagte, als ich ihn erst von den bei einem dicken Glase beobachteten Phänomenen in Kenntniß gesetzt hatte. Ohne Zweifel wird dann dieselbe Theorie den Ausgangspunkt für die Erklärung der eigenthümlichen und verschiedenfarbigen Diffractionsstreifen bilden, welche sich in der Nachbarschaft der kleinen auf den Glimmerblättchen gewöhnlich sichtbaren Schlieren und unter anderen analogen Verhältnissen zu bilden pflegen.

§. 3. Bemerkungen über eine in der meteorologischen Gesellschaft von London vorgelesene Abhandlung des Hrn. Thomas Forster, die zurückwerfende, brechende und zerstreuende Kraft der Atmosphäre betreffend, vom Februar und März 1824.*)

In keinem Lande der Welt, sagt man, werden so viele wissenschaftliche Werke gedruckt, als in England. Ich habe weder den Wunsch noch die Mittel, um diesen Ausspruch zu bestreiten: wenn ich jedoch behaupten wollte, daß die englischen Gelehrten, natürlich mit ehrenwerthen Ausnahmen, sich nicht die Mühe geben, um die in so großem Ueberfluß bei ihnen erscheinenden Bücher zu lesen, so glaube ich wirklich, daß die londoner periodischen Schriften zur Unterstützung dieses auf den ersten Blick vielleicht paradox scheinenden Satzes ziemlich gute Argumente liefern würden.

Auf die vorstehenden Betrachtungen führte mich die Lesung der von Hrn. Thomas Forster verfaßten Abhandlung. Dieser Physiker will die Entdeckung gemacht haben, daß wenn man die Sterne in der Nähe des Horizonts beobachtet, man „sehr rasche Aenderungen in der Farbe und im Glanze" wahrnimmt. Die Thatsache ist richtig und sehr merkwürdig; aber kann Hr. Forster als ihr erster Beobachter gelten? Man sollte es kaum bezweifeln können, seitdem eine gelehrte Körperschaft sich bewogen gefunden hat, Hrn. Forster eine ganz specielle Autorisation zu ertheilen, damit seine Schrift, welche eigentlich erst in der von der Gesellschaft herauszugebenden Sammlung ihrer Abhandlungen zu publiciren gewesen wäre, ohne Verzug zur Kenntniß der Beobachter gebracht würde. Indessen ist es nicht minder gewiß, daß die in Begleitung der Scintillation auftretenden Farbenwechsel bereits von Keppler, von Galilei, von Descartes u. A. beschrieben worden sind. Und damit meine Reclamation vollkommen gegründet erscheinen möge, kann ich hinzufügen, daß mehrere englische Autoren, wie Hooke in seiner Mikrographie, Michell in den Philosophical Transactions

*) Abgedruckt im 26. Bande der Annales de chimie et de physique, Jahrgang 1824.

(Vol. LVII.), Melville, Priestley (Geschichte der Optik, 497) u. s. w. gleichfalls ausführlich darüber berichtet haben. Die Beschreibung Hooke's lautet wörtlich: „Es ist bemerkenswerth, daß in der Nähe des Horizonts die Sterne häufig ihre Farbe wechseln, so daß sie bald roth, bald gelblich, bald blau erscheinen, selbst dann noch, wenn sie ziemlich hoch stehen" (Micrography, S. 218).

Wenn Hr. Forster das Phänomen nicht entdeckt hat, so gebührt ihm vermuthlich die Entdeckung des in seinem Aufsatze angegebenen Mittels, um dasselbe wahrnehmbar zu machen, wenn man die Sterne durch ein Fernglas betrachtet!

„Ich rückte," sagt er, „das Ocular meines Fernrohrs so, daß die Strahlen hindurchgingen, bevor sie sich im Brennpunkte vereinigten." An dem auf diese Weise erhaltenen, vergrößerten oder erweiterten Bilde ließen sich die Farbenveränderungen bequemer wahrnehmen.

Hiermit vergleiche man folgende Stelle aus der Zeitschrift von Nicholson, Band XXXIV, S. 116, vom Jahre 1813:

Wenn man das Ocular eines Fernrohrs verschiebt, so „geräth das erweiterte Bild des Sternes außerhalb des Focus in ein derartiges Schwanken, daß man eine gewisse Mehrheit von Scheiben successive vor einander aufleuchten zu sehen glaubt. Diese Scheiben sind verschieden gefärbt, und zwar scheint die Erleuchtung von verschiedenen Seiten zu kommen. Blau, stahlblau, grün, die Farbe des glänzenden Kupfers, roth und weiß sind die häufigsten Farben."

Diese Farben lagern sich übereinander und müssen sich folglich schwächen; zur Vermeidung dieses Effectes empfiehlt Hr. Forster, dem Fernrohre eine geringe Oscillationsbewegung mitzutheilen: das Bild des Sternes geht dann in eine lange Lichtlinie über, die in ihren einzelnen Theilen verschiedene und sehr lebhafte Farben zeigt.

Ich bin fast versucht, meine Leser in dem Glauben zu lassen, daß Hr. Forster hier mit eigenem Gespann pflüge. Denn wenn ich noch einige Zeilen weiter citire, so dürfte man den Vorwurf, den ich gewissen englischen Autoren vorhin machte, welche sich nicht die Mühe geben, die Werke ihrer Vorgänger zu lesen, vermuthlich für ungegründet halten, und vielleicht die Annahme natürlicher finden, daß

blos eine specielle Abneigung gegen Citate zu Grunde liege. Indeß muß ich es schon darauf wagen, und fahre fort, aus demselben XXXIV. Bande des Nicholson'schen Journals (für 1813) folgende Beschreibung zu entlehnen:

,,Nachdem ich ein kleines Fernrohr, sagt Nicholson, auf den Sirius gerichtet hatte, während das Ocular in der Entfernung des deutlichen Sehens sich befand, ertheilte ich mit den Fingern der rechten Hand dem Rohre des Instruments leichte, wiederholte Stöße. Das Bild des Sterns im Gesichtsfelde gerieth dadurch in eine tanzende Bewegung und erzeugte eine leuchtende Linie, den zusammenhängenden Lichtcurven vergleichbar, welche eine glühende, in rasche Bewegung versetzte Kohle beschreibt. Bei jeder Erschütterung bewegte sich der Stern längs einer in sich zurückkehrenden Curve, aber von so unregelmäßiger Gestalt, daß niemals zwei solche aufeinanderfolgenden Linien unter sich zusammenfielen. Die Anzahl der Stöße betrug etwa zehn in der Secunde. Die Curven erglänzten in ihren verschiedenen Theilen mit den lebhaftesten Farben, worunter sich ein grünliches Blau, Stahlblau und ein sehr intensives Braun oder Kupferroth am meisten bemerklich machten. Es schien mir, als wenn jede Farbe im Durchschnitt etwa ein Drittheil, oder etwas weniger, von der ganzen Ausdehnung der Linie einnahm. Das Licht des Sirius wechselte demnach deutlich wenigstens dreißig Mal in der Secunde seine Farbe, bevor es zum Auge gelangte.''

Nicholson sagte in seiner Abhandlung, daß er in keiner ihm bekannten Eigenschaft des Lichtes eine Aufklärung für diese Erscheinung gefunden habe; Hr. Forster dagegen „denkt sich, daß in den obern Theilen der Luft eine Art undulatorischer Bewegung stattfinden möge, und daß die wechselnden Farben auf dem Wege der Refraction erzeugt werden: denn indem die Atmosphäre alsdann wie ein unvollkommenes Prisma wirkt, so kann sie dem Auge verschiedenfarbige Strahlen zusenden, den verschiedenen Neigungen, die die Grenzflächen der undulirenden Theile annehmen, entsprechend.''

Selbst in Betreff dieses letzteren Punktes findet zwischen unseren beiden Autoren eine größere Uebereinstimmung statt, als man auf den ersten Blick denken sollte, und ihr Widerspruch ist nur schein-

bar; denn wenn auf der einen Seite Nicholson offen und ehrlich ausspricht, daß die Farbenveränderungen der Sterne ihm unerklärlich vorkommen, so geht Hr. Forster etwas weiter, indem er eine vollkommen unzulässige Erklärung gibt, welche keinem der wesentlichen Umstände der Erscheinung Genüge leistet. Um mich auf einen einzigen Einwurf zu beschränken: wer sieht nicht sogleich, daß wenn die Atmosphäre wie ein Prisma wirken und die verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen das weiße Licht der Sterne besteht, nach einander und getrennt in das Auge gelangen lassen könnte, man die Sterne im Gesichtsfelde eines Fernrohrs in der Gestalt verlängerter prismatischer Spectra erblicken würde, und nicht als nahezu runde Scheiben?

Ich wage allerdings nicht zu hoffen, daß Hr. Forster nach der geringen Aufmerksamkeit, welche er den Arbeiten seiner eigenen Landsleute geschenkt, sich herbeilassen werde, auf die Schrift eines Ausländers Rücksicht zu nehmen; sonst würde ich ihn auffordern, in den neuen Abhandlungen, die er in Aussicht stellt, die von mir seit mehreren Jahren ausgesprochene Behauptung einer Prüfung zu unterwerfen, ob die Scintillation, mit all' den begleitenden Intensitätsänderungen und Farbenwechseln, nicht etwa einfach als eine Wirkung der Interferenz der Lichtstrahlen angesehen werden könne. Und sollten die vorhergehenden Bemerkungen nicht genügen, um ihn zur Aufgabe seiner bisherigen Erklärungsweise zu bestimmen, so möchte ich ihm den Versuch empfehlen, mit Hülfe seiner kleinen atmosphärischen Prismen von folgenden Phänomenen Rechenschaft zu geben:

Wenn man vor dem Objective eines (achromatischen) astronomischen Fernrohrs eine kreisförmige Oeffnung mit kleinem Durchmesser — z. B. von 27 Millimeter — anbringt, so sind die Bilder der Sterne im Focus rund, scharf begrenzt, und von einer Reihe sehr feiner und dicht gedrängter, leuchtender Ringe umgeben. Der Glanz dieser Ringe variirt unablässig an den verschiedenen Theilen ihres Umfangs: oft kommt es an einigen Punkten zum gänzlichen Verschwinden.

Schiebt man nun, während Alles in demselben Zustande bleibt, das Ocular ganz allmälich weiter ein, so sieht man das Bild des Sternes nach und nach größer werden, und bald entsteht im Mittelpunkte ein schwarzer, runder, scharf begrenzter Flecken, ein wahres

dunkles Loch. Der Abstand vom Brennpunkte, bei welchem dieser Flecken auftritt, ändert sich mit dem Durchmesser der vor das Objectiv gestellten Oeffnung.

Eine neue Verschiebung des Oculars in demselben Sinne hat zunächst eine Erweiterung des dunkeln Fleckens zur Folge, und hierauf die Bildung einer kleinen leuchtenden Scheibe in der Mitte des Loches. Vom Centrum nach der Peripherie gerechnet, wird also das Bild des Sternes dann bestehen: aus der leuchtenden Scheibe, einem breiten dunkeln Ringe, und aus einem breiten Lichtringe. In einer dritten Stellung des Oculars, noch näher dem Objective, wird die Mitte des Bildes wieder dunkel sein; dem breiten glänzenden Ringe, der dieses Centrum umgibt, folgt alsdann ein dunkler Ring, an den sich seinerseits ein leuchtender Ring schließt.

Jedermann wußte, daß man in einem Fernrohre dem undeutlichen Bilde eines Sterns durch die einfache Verschiebung des Oculars immer mehr wachsende Dimensionen geben kann; allein es ist mir nicht bekannt, daß man schon bemerkt hätte, daß in der Mitte des Bildes während dieser Verrückung periodisch eine dunkle oder eine helle, kreisrunde und scharf begrenzte Scheibe entsteht.

Durch folgenden Umstand nun zeigt sich dieses Phänomen nicht allein mit der Erscheinung der Scintillation verknüpft, sondern könnte sogar zu einer Art Messung der letzteren benutzt werden.

Nehmen wir für einen Augenblick an, daß das Ocular des Fernrohrs sich in einer der Lagen befinde, wo das Centrum des Sternbildes, noch ganz dunkel, im Begriffe ist, bei weiterer Verschiebung leuchtend zu werden. Wenn der Stern nicht scintillirt, so wird alsdann die Gestalt des Bildes constant bleiben; bei leichter Scintillation dagegen erscheint in der Mitte des schwarzen Fleckens von Zeit zu Zeit ein kleiner leuchtender Punkt, als wenn man in diesem Augenblicke das Ocular ein wenig hineingeschoben hätte. Ist das Funkeln lebhaft, so sind die Veränderungen dieser Art continuirlich.

Alle diese Umstände lassen sich aus der von mir aufgestellten Erklärung des ganzen Phänomens sehr einfach ableiten; die Annahme prismatischer Zerlegungen der Farben wird alsdann unnütz, da es ausreicht vorauszusetzen, daß in der Dichtigkeit oder der Temperatur

der verschiedenen atmosphärischen Schichten, welche die Strahlen, bevor sie ins Auge gelangen, zu durchlaufen haben, ausnehmend geringe Unterschiede vorhanden sind. Man müßte aber niemals die Wirkungen der aufsteigenden Windströmungen oder courants ascendants ins Auge gefaßt haben, wollte man in Abrede stellen, daß solche Unterschiede, vornämlich in geringen Höhen über dem Horizonte, fast zu jeder Zeit existiren müssen.

Ich habe schließlich nur eine Bemerkung hinzuzufügen. Die annähernde Bewegung des Oculars nach dem Objective ist als ein Mittel angezeigt worden, um in der Mitte des Bildes eines Sterns nach einander schwarze und leuchtende Flecken entstehen zu lassen. Entfernt man das Ocular vom Objective, so treten analoge Wirkungen ein: dieselben haben aber geringere Schärfe, und werden durch einige Farbenerscheinungen complicirt. Hr. Brewster hat in seiner Abhandlung über die astronomischen Instrumente (on new philosophical instruments) angegeben, daß die kreisförmigen Bilder der Sterne, oder die Schnitte der im Brennpunkte eines Fernrohrs sich vereinigenden Strahlenkegel, niemals weder so deutlich, noch so scharf jenseit des Focus sind, als vor der Kreuzung der Lichtstrahlen. Ich erinnere an die Wahrnehmung des schottischen Physikers, um daran die Bemerkung zu knüpfen, daß sie zu den vorstehenden Beobachtungen in keiner Beziehung steht: Brewster spricht in der That von den Umrissen des Bildes, während ich die Aufmerksamkeit des Lesers nur auf die Veränderungen, welche in seinem Centrum vorgehen, habe lenken wollen.

§. 4. Auszug aus einer Abhandlung über die Scintillation der Sterne, abgedruckt im Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften vom 20. Januar 1840.

Um nach dem Reglement der Akademie das Recht zu erlangen, in den Band der akademischen Schriften, welcher gegenwärtig gedruckt wird, die schließlichen Ergebnisse seiner vieljährigen Untersuchungen über die Erscheinung der Scintillation aufnehmen zu lassen, unterbreitet Hr. Arago diese Resultate heute der Genehmigung der Akademie. Da es unmöglich sein dürfte, ohne die vorgeschriebenen Grenzen zu

überschreiten, an diesem Orte einen hinreichend vollständigen Ueberblick darüber zu geben, so möge die Angabe genügen, daß der Inhalt der Abhandlung *) in vier getrennte Abschnitte zerfällt. Im ersten Abschnitte sucht der Verfasser nachzuweisen, daß die Scintillation der Sterne nichts Anderes ist, als eine scheinbare, äußerst rasche und häufige Aenderung in der Intensität und Farbe der Gestirne, welche ihren Grund in unserer Atmosphäre hat. Auf diese Definition gestützt zeigt Hr. Arago im folgenden Abschnitte, daß die bisher versuchten Erklärungen des Phänomens, von Aristoteles, von Galilei, Scaliger, Keppler, Descartes, Hooke, Huyghens, Newton, Michell und den Astronomen der neueren Zeit, nicht zulässig sind.

Neben diese lange Reihe von berühmten Namen stellt sich als eine besondere Classe die Gruppe derjenigen Beobachter, welche freimüthig aussprechen, daß sie für die Scintillation keine Erklärung zu geben vermochten. Wir nennen hier die Namen von Melville, von Nicholson und vom berühmten Entdecker der ersten Gesetze der Interferenzen, Thomas Young.

In der dritten Abtheilung enthält die Abhandlung eine Darstellung der physikalischen Versuche zur Ableitung derjenigen Sätze aus der Lehre von den Interferenzen, welche für die Erklärung der Scintillation erforderlich sind; sei es, daß diese Gesetze sich auf den Unterschied in der Länge der von den Lichtstrahlen zurückgelegten Wege beziehen, sei es, daß nur die ungleiche Brechbarkeit der von denselben Strahlen durchlaufenen Medien in Rechnung kommt. Aus diesen Gesetzen geht die strenge Folgerung hervor, daß wenn die von einem Sterne ausgesendeten Strahlen, bevor sie im Brennpunkte einer Linse zur Vereinigung kommen, eine Atmosphäre zu durchlaufen haben, worin Schichten von ungleicher Temperatur, ungleicher Dichtigkeit oder verschiedenem Feuchtigkeitszustande sich vorfinden, die Focalbilder eine beständig wechselnde Intensität und Farbe besitzen müssen, also

---

*) Die angeführte Abhandlung hat Arago später für das Jahrbuch des Längenbureau bestimmt und demgemäß redigirt: in dieser Gestalt bildet der wissenschaftliche Aufsatz über das Funkeln der Sterne den Anfang des gegenwärtigen Bandes.

genau so beschaffen sind, wie wir bei der Scintillation der Sterne wahrnehmen.

Nachdem so die Möglichkeit gezeigt worden, die Scintillation aus der Theorie der Interferenz des Lichtes abzuleiten und auf diesem Wege eine genügende Erklärung des in Rede stehenden Phänomens zu gewinnen, findet sich im vierten und letzten Abschnitte der Abhandlung des Hrn. Arago eine Zusammenstellung mannichfaltiger Beobachtungen über die Scintillation der Sterne außerhalb des Focus der Fernröhre, ferner über die Scintillation der Sterne, sobald ihr Bild bei der Reflexion von der äußeren Fläche stark gekrümmter Spiegel unter einem sehr kleinen Gesichtswinkel gesehen wird, u. s. w. Diese Thatsachen scheinen der neuen Theorie völlig den Charakter eines strengen Beweises zu verleihen.

Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne und der Fixsterne.

Darstellung der Beobachtungen, welche die physische Beschaffenheit der Sonne und verschiedener Fixsterne uns kennen lehren. — Kritik der Conjecturen der alten Philosophen und der positiven Resultate der neueren Astronomen in Betreff der unserer Sonne unter der unermeßlichen Anzahl von Fixsternen, welche das Firmament bedecken, anzuweisenden Stelle.*)

Um die Mitte des verflossenen Monats Juli begaben sich von den meisten größeren Sternwarten Europa's Astronomen nach Norwegen, Schweden, Deutschland und Rußland, um die Sonnenfinsterniß vom 28. Juli an Orten zu beobachten, wo dieselbe als total erwartet wurde. Es leitete dabei die Hoffnung, daß ein sorgfältiges Studium des Phänomens mit Hülfe mächtiger Instrumente zu genügenden Aufschlüssen über verschiedene bei früheren Finsternissen wahrgenommenen Erscheinungen führen würde, für welche bisher noch

---

*) Da Arago durch seine Gesundheit verhindert war, der feierlichen Sitzung der fünf Akademieen des Instituts vom 25. October 1851 beizuwohnen, so hat Hr. Laugier die Vorlesung des obigen Aufsatzes gefälligst übernommen. Der Verfasser bittet seinen geehrten Collegen, den Ausdruck seiner lebhaften Dankbarkeit zu genehmigen.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Niemand eine definitive Erklärung aufzustellen den Muth gehabt hatte. Von Seiten gewisser Klügler, die mit der Geschichte der Astronomie, denke ich, schwerlich sehr vertraut waren, ist die vorwurfsvolle Verwunderung ausgesprochen worden, daß in der Wissenschaft, die den Namen der vollkommensten führt, selbst in Bezug auf das Gestirn, welches alle planetaren Bewegungen lenkt und beherrscht, es noch Probleme aufzulösen gibt. Sollte es denn wahr sein, hat man gefragt, daß wir in vieler Hinsicht noch keinen Schritt weiter gekommen sind, als die Philosophen des alten Griechenlands?

Von der Meinung ausgehend, es sei vielleicht nicht nutzlos, diese Fragen im Ernste zu nehmen, will ich eine Antwort darauf zu geben versuchen, ohne mir zu verhehlen, daß dieselbe in vieler Hinsicht trocken ausfallen werde, und ohne zu vergessen, daß ich vielleicht länger als erwünscht bei Details zu verweilen habe, die heute elementar geworden sind. Indessen hoffe ich, daß die Nachsicht meiner Zuhörer dem nicht fehlen werde, der eine Pflicht zu erfüllen sucht.

Zunächst wird uns ein allgemeiner Ueberblick über die Arbeiten der alten Philosophen und der neueren Beobachter lehren, daß wenn das Studium der Sonne ein zweitausendjähriges Alter aufzuweisen hat, der Gesichtspunkt oft ein anderer geworden ist, und daß während dieses Zeitraums die Wissenschaft gewaltige Schritte vorwärts gethan hat.

Anaxagoras behauptete, die Sonne sei nicht größer als der Peloponnes.

Eudoxus dagegen, der im Alterthum einer so hohen Achtung genoß, gab dem Licht spendenden Gestirne einen Durchmesser neun Mal so groß als der Mond. Gewiß war dies ein großer Fortschritt im Vergleich zu der Schätzung des Anaxagoras; dennoch blieb auch die Angabe des Weisen aus Knidus von der Wahrheit außerordentlich fern.

Kleomedes, unter der Regierung des Augustus, sagt, daß unter seinen Zeitgenossen die Anhänger Epikurs dem Anscheine folgend der Meinung waren, daß der wirkliche (réel) Durchmesser der Sonne einen Fuß nicht übersteige.

Stellen wir diesen willkürlichen Schätzungen die Bestimmung an

die Seite, welche sich aus den mit der sorgfältigsten Genauigkeit, unter Anwendung außerordentlich vollkommener Instrumente ausgeführten Arbeiten unserer neueren Astronomen ergibt, so beträgt der Durchmesser der Sonne 192700 geographische Meilen, ist also von der Annahme der Epikureer, wie man sieht, weit genug entfernt.

Unter der Voraussetzung der Kugelgestalt der Sonne ist ihr Inhalt vierzehn hunderttausend Mal so groß als das Volumen der Erde. Da so große Zahlen im gewöhnlichen Leben nicht häufig zur Anwendung kommen und uns deshalb keine bestimmte Vorstellung von ihrer eigentlichen Größe zu geben pflegen, so will ich hier an eine Bemerkung erinnern, welche die ungeheure Größe der Sonne besser zu veranschaulichen geeignet sein dürfte. Denken wir uns einen Augenblick den Mittelpunkt der Sonne mit dem der Erde zusammenfallend, so wird ihre Oberfläche nicht blos bis in die Regionen reichen, wo der Mond sich um die Erde bewegt, sondern wird sich fast noch ein Mal so weit erstrecken.

Diese durch ihre Unermeßlichkeit so merkwürdigen Resultate sind nicht weniger sicher als die Principien der Elementargeometrie, welche ihnen zur Grundlage dienen.

Da das uns heute gesteckte Ziel ziemlich umfangreich ist, so will ich nicht bei einer detaillirten Vergleichung der wegen ihrer Kleinheit absurd zu nennenden Schätzungen der Alten über die Entfernung der Sonne von der Erde mit den aus den Beobachtungen der neueren Zeit abgeleiteten Resultaten verweilen. Ich beschränke mich vielmehr auf die kurze Anführung, daß es seit dem 1769 beobachteten Vorübergange der Venus vor der Sonnenscheibe bewiesen ist — nicht ohne Grund bediene ich mich dieses kategorischen Ausdrucks, — daß der mittlere Abstand der Sonne von der Erde 20½ Millionen geogr. Meilen beträgt, und daß während des Uebergangs vom Winter zum Sommer die Entfernung der Sonne um fast 700000 Meilen zunimmt. So groß ist die Distanz der Erde von dem unermeßlichen Sonnenball, dessen physische Constitution zu ermitteln den Astronomen der Neuzeit gelungen ist. In Betreff dieses Punktes finden wir bei den alten Philosophen Nichts, was uns einen Augenblick zu beschäftigen verdiente.

Ihre Ansichten über die Frage, ob die Sonne ein reines oder ein materielles Feuer sei, ein ewiges Feuer oder ein solches, welches einst verlöschen kann, waren auf keine Beobachtung gestützt und ließen das Problem, dessen Lösung unsere jetzigen Astronomen versucht haben, in der tiefsten Dunkelheit.

Die in dieser Richtung gemachten Fortschritte datiren vom Jahre 1611. In dieser von der Erfindung der Fernröhre wenig entfernten Zeit sah ein holländischer Astronom, Fabricius, deutlich schwarze Flecken am östlichen Sonnenrande erscheinen, allmälich nach der Mitte der Scheibe vorrücken, und bei ihrer weiteren Fortbewegung den westlichen Rand erreichen, um daselbst auf eine gewisse Zahl von Tagen zu verschwinden.

Aus diesen seit jener Zeit so oft wiederholten Beobachtungen durfte man den Schluß ziehen, daß die Sonne eine Kugel sei, welche eine Rotationsbewegung um ihren Mittelpunkt besitzt, deren Dauer etwa fünfundzwanzig und einen halben Tag beträgt.

Die erwähnten schwarzen Flecken sind von unregelmäßiger und veränderlicher Gestalt, jedoch mit scharfer Begrenzung, und besitzen zuweilen sehr beträchtliche Dimensionen, da man deren beobachtet hat, welche dem fünffachen Erddurchmesser an Größe gleich kamen. In der Regel sind sie von einem helleren Gürtel umgeben, der jedoch der übrigen Fläche der Sonnenscheibe an Helligkeit merklich nachsteht und Halbschatten genannt wird. Diesen zuerst von Galilei bemerkten Halbschatten haben die späteren Astronomen mit Rücksicht auf die Veränderungen, die an ihm vorgehen, sorgfältig untersucht, und sind dadurch in Betreff der physischen Beschaffenheit der Sonne zu einer Annahme geführt worden, welche auf den ersten Blick sehr auffallend erscheinen muß.

Die Sonne soll aus einem dunkeln Körper bestehen, in einem gewissen Abstande von einer atmosphärischen Hülle umgeben, welche man mit unserer irdischen Atmosphäre vergleichen kann, wenn dieselbe eine zusammenhängende Schicht undurchsichtiger, das Licht reflectirender Wolken enthält. Auf diese erste Hülle folgt eine zweite, selbstleuchtende und deshalb mit dem Namen der Photosphäre bezeichnete. Diese von der inneren Wolkenatmosphäre mehr oder weniger entfernte

Photosphäre bestimmt durch ihre Umrisse die sichtbare Begrenzung der Sonnenscheibe. Zufolge dieser Hypothese würden auf der Sonnenoberfläche jedesmal dann Flecken sich zeigen, wenn in den beiden concentrischen Umhüllungen correspondirende Oeffnungen oder Durchsichten sich bilden, die den dunkeln Centralkörper frei zu sehen gestatten.

Diejenigen, welche mit Hülfe kräftiger Fernröhre die dahin gehörigen Erscheinungen studirt haben, die Astronomen vom Fache, die competenten Richter erkennen an, daß die eben vorgetragene Hypothese über die physische Beschaffenheit der Sonne von den beobachteten Thatsachen genügende Rechenschaft gibt. Indessen ist sie noch nicht allgemein angenommen: in Werken von anerkannter Autorität wurden unlängst die Sonnenflecken wie Schlacken dargestellt, die auf der flüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers schwimmen und vulkanischen Eruptionen entstammen sollten, für welche wir bei unseren irdischen Vulkanen nur schwache Analogieen finden würden.

Es war folglich wünschenswerth, wo möglich durch directe Beobachtungen über die Beschaffenheit der glühenden Sonnenmaterie Aufschluß zu gewinnen.

Wenn man jedoch bedenkt, daß ein Zwischenraum von 20 Millionen Meilen uns von der Sonne trennt, und daß uns kein anderes Communicationsmittel mit ihrer sichtbaren Oberfläche zu Gebote steht, als die von derselben ausgehenden Lichtstrahlen, so scheint in der bloßen Aufstellung dieses Problems eine nicht zu rechtfertigende Verwegenheit zu liegen.

Die neueren Fortschritte der Optik haben jedoch die Mittel geliefert, um die Aufgabe vollständig zu lösen. Eine kurze Auseinandersetzung, deren Trockenheit man mir verzeihen möge, wird die Einsicht in diese Möglichkeit verschaffen.

Jedermann weiß jetzt, daß die Physiker zur Unterscheidung zweier Arten von Licht gelangt sind, welche man als natürliches und als polarisirtes Licht bezeichnet. Ein Strahl des natürlichen oder gewöhnlichen Lichtes besitzt auf allen Punkten seines Umfangs die nämlichen Eigenschaften; das Gegentheil findet beim polarisirten Lichte statt. Die verschiedenen Seiten solcher Lichtstrahlen haben nicht die-

selben Eigenschaften, und zwar tritt diese Ungleichheit bei einer Menge von Erscheinungen hervor, die ich hier nicht speciell anführen kann.

Bevor ich weiter gehe, muß ich auf das Auffallende in den Versuchen hinweisen, welche die Physiker mit Nothwendigkeit darauf geführt haben, von den verschiedenen Seiten eines und desselben Lichtstrahles zu reden, mit andern Worten, diese Seiten von einander zu unterscheiden. Der Ausdruck auffallend, dessen ich mich eben bediente, wird gewiß gerechtfertigt erscheinen, wenn man bedenkt, daß Tausende von Millionen solcher Strahlen gleichzeitig durch ein Nadelöhr hindurchgehen können, ohne sich gegenseitig zu stören.

Die Eigenschaften des polarisirten Lichtes haben den Astronomen gestattet, ihre Beobachtungsmittel durch einige merkwürdige Instrumente zu bereichern, aus deren Anwendung bereits vielfacher Nutzen gezogen worden ist; ich nenne unter anderen das Polariskop *) (lunette polariscope).

Wenn man die Sonne direct durch ein solches Polariskop betrachtet, so erblickt man zwei Bilder von gleicher Farbe und Intensität, zwei weiße und gleich helle Scheiben. Nehmen wir jetzt an, man sehe nach dem von einer Wasserfläche oder von einem Glasspiegel zurückgestrahlten Sonnenbilde. Durch die Wirkung der Reflexion werden die Strahlen polarisirt: im Fernrohre erscheinen alsdann nicht mehr zwei weiße Bilder von gleicher Beschaffenheit, sondern ohne ihre Gestalt zu verändern, erglänzen dieselben in den lebhaftesten Farben. Ist das eine Bild roth, so erscheint das andere grün; zeigt das erste eine gelbe Farbe, so wird das zweite violett, u. s. f., indem die beiden correspondirenden Farben stets sogenannte Complementärfarben sind, welche durch ihre Mischung Weiß erzeugen. Durch welches Verfahren man auch das natürliche Licht in polarisirtes verwandeln möge, jedesmal treten an den beiden Bildern des polarisirenden Fernrohrs die Farben in derselben Weise hervor, wie wenn die Polarisation durch Reflexion von einer Wasser- oder spiegelnden Glasfläche erzeugt wird.

Das Polariskop liefert folglich ein sehr einfaches Mittel, um polarisirtes Licht von gewöhnlichem zu unterscheiden.

---

*) Siehe den 2. Band der populären Astronomie, S. 90 ff.

Lange Zeit glaubte man, daß das von einem beliebigen glühenden Körper ausgehende Licht im Zustande des natürlichen Lichtes zum Auge gelange, sobald es auf seinem Wege weder partielle Zurückwerfungen noch starke Brechungen erfahren hat.

Diese Annahme hat sich in gewisser Rücksicht als unrichtig erwiesen. Ein Mitglied der Akademie*) hat die Entdeckung gemacht, daß wenn von einem glühenden Körper im festen oder flüssigen Zustande, selbst wenn seine Oberfläche nicht vollkommen glatt ist, unter einem hinreichend kleinen Winkel Licht ausgestrahlt wird, dasselbe deutliche Spuren der Polarisation zeigt; dergestalt, daß beim Durchgange durch das polarisirende Fernrohr zwei gefärbte Lichtbündel erhalten werden.

Dagegen behält das Licht, welches eine entzündete Materie von gasförmiger Beschaffenheit verbreitet, wie z. B. die unsere Straßen und unsere Kaufläden erleuchtenden Gasflammen, beständig seinen natürlichen Zustand, wie auch der Emissionswinkel beschaffen sein mag.

Das geeignete Verfahren nun, um zu ermitteln, ob die Materie, welche die Sonne uns sichtbar macht, fest, flüssig oder gasförmig ist, besteht in einer sehr einfachen Anwendung der vorstehenden Bemerkungen, trotz der Schwierigkeiten, welche die ungeheure Entfernung des leuchtenden Himmelskörpers der Untersuchung in den Weg zu stellen scheint.

Die von den Rändern der Sonnenscheibe zu uns gelangenden Strahlen sind von der strahlenden Oberfläche offenbar unter einem sehr kleinen Winkel ausgegangen. Wenn bei directer Ansicht die Ränder der beiden Bilder, welche im Polariskop erscheinen, farbig sind, so rührt das Licht dieser Ränder von einem flüssigen Körper her; denn jede Annahme, wonach die äußere Oberfläche der Sonne die eines festen Körpers sein sollte, verbietet sich sofort durch die Beobachtung der schnellen Gestaltänderungen der Sonnenflecken. Wenn dagegen die Ränder der beiden Bilder im Fernrohre ihre natürliche Weiße behalten, so sind sie nothwendigerweise gasförmig.**)

---

*) Arago.

**) Man hat bisher mit dem Polariskope folgende glühenden Körper in Bezug

So oft die Sonne an beliebigen Tagen des Jahres direct mit Hülfe großer polarisirenden Fernröhre beobachtet worden ist, hat sich an den Rändern der beiden Bilder nie eine Spur von Färbung gezeigt. Folglich ist die leuchtende Materie, welche den scheinbaren Rand der Sonnenscheibe bildet, gasförmig, und wir können den Schluß auf die ganze Oberfläche der Sonne ausdehnen, weil die verschiedenen Punkte derselben infolge der Axendrehung nach und nach sämmtlich am Rande erscheinen.

Dieser Versuch entrückt also die Theorie, welche wir im Vorstehenden über die gasförmige Beschaffenheit der Photosphäre der

auf das Verhalten des unter verschiedenen Winkeln ausgestrahlten Lichtes untersucht: von festen Körpern geschmiedetes Eisen und Platina; von flüssigen geschmolzenes Eisen und Glas. Aus diesen Versuchen, wird man mir einwerfen, folgt zunächst nur, daß die Sonne weder aus Gußeisen noch aus geschmolzenem Glase besteht: was berechtigt dazu, die Behauptung ganz allgemein aufzustellen? Hierauf diene zur Antwort, daß zufolge der beiden einzigen Erklärungen, welche man für diese anomale Polarisation der unter sehr spitzen Winkeln ausgehenden Strahlen gegeben hat, abgesehen von der Quantität, sich Alles in gleicher Weise verhalten muß, welches auch der flüssige Körper sein mag: wofern nur die ausstrahlende Oberfläche ein merkliches Reflexionsvermögen besitzt. Nur in dem Falle würden die Phänomene der Polarisation und Farbenerscheinung vielleicht verschwinden, wo der glühende Körper in Bezug auf seine Dichtigkeit den Gasen gleichsteht, wie z. B. das fast unendlich dünne Fluidum, welches einige Geometer hypothetisch an die äußersten Grenzen unserer Atmosphäre setzen wollen. Es ist mir ferner nicht entgangen, wie der im Texte angeführte Versuch durch eine eingehende Discussion vom photometrischen Gesichtspunkte aus wesentlich an Werth gewinnen würde. Ich bin im Besitze aller Elemente für eine derartige Prüfung, doch ist hier der Ort nicht, mich weiter darüber zu verbreiten.

Einer Schwierigkeit inzwischen will ich sogleich gedenken, indem ich die Bemerkung hinzufüge, daß die von zwei flüssigen Materien ausgesandten Strahlenbündel, je nach der besonderen Beschaffenheit der leuchtenden Fluida, möglicherweise nicht identisch sind in Betreff der Anzahl und der Lage der dunkeln Frauenhofer'schen Linien, welche die Physiker in ihren prismatischen Spectren zu untersuchen haben.

Derartige Verschiedenheiten mögen durch die ungleiche Beschaffenheit der atmosphärischen Schichten beträchtlich erhöht werden, welche die Strahlen zu durchlaufen haben, bevor sie zum Auge des Beobachters gelangen.

(Die vorstehende Anmerkung ist in der öffentlichen Sitzung vom 25. October 1851 nicht mit verlesen worden.)

Sonne aufgestellt haben, aus dem Bereiche der bloßen Hypothesen. Weder in den willkürlichen Vorstellungen, an denen die glänzende Einbildungskraft der Philosophen des alten Griechenlands so fruchtbar war, noch in den auf uns gekommenen Arbeiten der berühmtesten Astronomen der alexandrinischen Schule, findet sich die geringste Andeutung, welche selbst vermöge einer gezwungenen Auslegung mit den eben dargestellten Resultaten in Beziehung gebracht werden könnte. Wir dürfen es kühn aussprechen, daß diese Resultate ganz und gar den vereinten Anstrengungen der Beobachter aus dem siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert, so wie zum wesentlichen Theile den Forschungen jetzt lebender Astronomen zu verdanken sind.

Ich wende mich zu einer Bemerkung, von der wir bei der Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Fixsterne bald Gebrauch zu machen Gelegenheit haben werden.

Wenn die Substanz der Photosphäre der Sonne flüssig wäre, und die vom Rande kommenden Strahlen polarisirt zu uns gelangten, so würden wir nicht allein die beiden Bilder im Polariskop farbig sehen, sondern es würden die einzelnen Punkte der Ränder verschieden gefärbt erscheinen. Wenn z. B. der höchste Punkt bei dem einen Bilde roth wäre, so würde bei dem nämlichen Bilde der entgegengesetzte Endpunkt des Durchmessers gleichfalls roth sein, während die beiden Endpunkte des horizontalen Durchmessers grün erscheinen müssen, u. s. w. Könnte man also die Strahlen, welche von allen Theilen des Sonnenrandes ausgehen, in einem einzigen Punkte vereinigen, so würde selbst nach ihrer Zerlegung im polarisirenden Fernrohre die Mischung weiß sein.

Die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche, wie sie so eben dargestellt worden, kann ferner auch dazu dienen, um den Ursprung der nicht schwarzen, sondern leuchtenden Flecken zu erklären, welche auf der Sonnenscheibe wahrgenommen werden. Dergleichen leuchtende Flecken, welche man mit dem Namen der S o n n e n f a c k e l n bezeichnet, beobachtete zuerst Galilei; eine davon verschiedene Gattung von viel geringerer Ausdehnung und meist runder Gestalt wurde von Scheiner aufgefunden, der dieselben l u c u l a e (Lichtpunkte, Lichtadern) nannte:

letztere bewirken, daß die Oberfläche der Sonne ein punktirtes Aussehen besitzt.

Sonderbar genug könnte ich die Entdeckung von einer der Hauptursachen der Sonnenfackeln uud Lichtadern auf einen Besuch zurückführen, welchen ich bei einer officiellen Gelegenheit in einem Modemagazin auf den Boulevards von Paris abzustatten hatte.

„Ich muß mich über die Gasgesellschaft beschweren", sagte der Inhaber des Ladens; „meine Waaren sollten von der breiten Seite der Gasflammen aus beleuchtet werden, während ich durch die Nachlässigkeit der Angestellten das Licht oft von der schmalen Seite erhalte." — „Wissen Sie denn gewiß", erwiederte ihm einer der Anwesenden *), „ob die Flamme in dieser Lage weniger Licht gibt, als von der breiten Seite?" Der ausgesprochene Zweifel konnte auf den ersten Blick unbegründet, und die Frage sogar ungereimt erscheinen: man stellte daher genaue Versuche an, und es ergab sich, daß dieselbe Menge Licht auf einen Gegenstand fällt, wenn derselbe von der schmalen, als wenn er von der breiten Seite einer Flamme erleuchtet wird.

Hieraus folgte mit Nothwendigkeit der Schluß, daß die Fläche einer leuchtenden Gasmasse von begrenzter Ausdehnung heller strahlt, wenn man sie unter einem schiefen Winkel sieht, als bei senkrechter Ansicht. Wenn folglich auf der Oberfläche der Sonne Undulationen entstehen analog denen, welche unsere Atmosphäre bei der Bildung der Wolken zeigt, die wir Schäfchen nennen, so müssen diejenigen Stellen jener Undulationen, welche von dem Beobachter senkrecht gesehen werden, vergleichungsweise schwächer erscheinen, während die gegen die Gesichtslinie geneigten Stellen heller glänzen; jede conische Vertiefung muß den Anblick eines Lichtpunktes darbieten. Es ist also zur Erklärung der Erscheinungen nicht mehr erforderlich anzunehmen, daß sich auf der Sonnenscheibe Tausende von Lichtquellen befinden, welche stärker leuchten als die übrigen Theile der Oberfläche, oder Tausende von Punkten, die sich durch eine gesteigerte Anhäufung der Lichtmaterie vor den umliegenden Stellen auszeichnen.

Nachdem wir uns überzeugt haben, daß die Sonne aus einem

*) Arago.

dunkeln Centralkörper, aus einer reflectirenden Wolkenhülle, und aus einer Photosphäre besteht, so liegt die Frage nahe, ob auf die Photospäre Nichts weiter folgt, ob sie plötzlich aufhört, ohne von einer an sich wenig leuchtenden, oder schwach reflectirenden, gasförmigen Atmosphäre umgeben zu sein. Diese dritte Atmosphäre würde für gewöhnlich in dem Lichtoceane verschwinden, der die Sonne stets zu umgeben scheint, und durch die Reflexion ihrer eigenen Strahlen an den Theilchen unserer irdischen Atmosphäre erzeugt wird.

Ein Mittel diese Frage zu entscheiden, bot sich in der Benutzung des Augenblickes, wo im Verlaufe einer totalen Finsterniß der Mond die Sonnenscheibe gänzlich verdeckt.

Fast in demselben Momente, wo die letzten von den Rändern der leuchtenden Sonnenscheibe ausgehenden Strahlen hinter dem undurchsichtigen Mondkörper wie hinter einem Vorhange verschwinden, hört die Erleuchtung derjenigen Theile unserer Atmosphäre auf, welche in der Verbindungslinie von Mond und Sonne und in den benachbarten Richtungen sich befinden.

Die Erforschung der alsdann eintretenden Erscheinungen bildete das Hauptziel für die Astronomen, welche im Jahre 1842 sich nach dem Süden von Frankreich, nach Italien, Deutschland, Rußland an Orte begaben, wo die am 8. Juli eintretende Sonnenfinsterniß total war.

Bei jeder Art wissenschaftlicher Untersuchungen hat man sich darauf gefaßt zu machen, Anderes zu finden, als was man suchte: so waren auch hier die Beobachter nicht wenig überrascht, als sie nach dem Verschwinden der letzten directen Sonnenstrahlen hinter dem Mondrande, mit dem Wegfallen des durch die umgebenden Theile der Erdatmosphäre reflectirten Lichtes, mehrere rosenrothe Hervorragungen oder Protuberanzen von 2 bis 3 Minuten Höhe erblickten, die am Rande unseres Satelliten so zu sagen hervorzuschießen schienen.

Je nach der besonderen Ideenrichtung der verschiedenen Astronomen bildete sich Jeder eine eigene Vorstellung von der Ursache dieser Erscheinung. Manche schrieben sie den Mondbergen zu, eine Hypothese, welche jedoch nicht die mindeste Prüfung aushielt; Andere wollten Wirkungen einer Diffraction oder Refraction der Sonnenstrahlen

darin erblicken. Aber die Rechnung bildet den wahren Prüfstein jeder Theorie, und den eben erwähnten Erklärungsversuchen blieb der Mangel, bei der Anwendung auf die fraglichen Phänomene jeder Bestimmtheit zu entbehren. Hypothesen, welche weder von der Höhe, noch von der Gestalt, der Farbe, der Unveränderlichkeit einer Erscheinung Rechenschaft zu geben vermögen, darf in der Wissenschaft kein Platz eingeräumt werden.

Ein fernerer, eine Zeitlang mit Beifall begrüßter Gedanke war, in den Protuberanzen von 1842 Berge auf der Sonne zu erblicken, deren Gipfel über die im Augenblicke der Beobachtung durch den Mond verdeckte Photosphäre hervorragen sollten.

Nach den mäßigsten Schätzungen würde die Erhebung eines solchen Gipfels über der Sonnenoberfläche zehntausend geogr. Meilen betragen haben. Ich weiß sehr wohl, daß das Außerordentliche einer solchen Höhe keinen genügenden Grund für die Zurückweisung der ganzen Hypothese geben dürfte; allein sehr unwahrscheinlich wurde sie infolge der Bemerkung, daß diese vorgeblichen Berge zum Theil beträchtliche Ueberhänge zeigten, welche vermöge der Anziehung des Sonnenkörpers nothwendigerweise hätten zusammenstürzen müssen.

Wenden wir uns zur kurzen Betrachtung einer vierten Hypothese, der zufolge die beobachteten Protuberanzen als zur Sonne gehörige, in einer gasförmigen Atmosphäre schwimmende Wolken anzusehen sind.

In diesem Falle dürfte kein physikalisches Princip der Annahme entgegen stehen, daß Wolkenmassen von 12 bis 15000 Meilen Länge, mit scharfen Contouren und unter den seltsamsten Gestalten auf der Sonne vorhanden seien. Nur würde man bei weiterer Ueberlegung sich mit Recht zu verwundern haben, wenn es niemals gelingen sollte, eine solche Wolke ganz losgelöst vom Mondrande zu beobachten.

Einen derartigen Fall womöglich zu constatiren, müßte also wesentlich im Interesse der Astronomen liegen.

Denn da ein Berg nicht ohne Basis bestehen kann, so müßte die gelegentliche Beobachtung einer dem Anscheine nach vom Mondrande, und folglich in der Wirklichkeit von der Grenze der Sonnenphotosphäre

getrennten Protuberanz ausreichen, um die auf das Vorhandensein der Sonnenberge sich stützende Hypothese über den Haufen zu werfen.

Allein wohl zu merken geht es mit den astronomischen Beobachtungen nicht wie mit den Untersuchungen der Chemiker und der Physiker, in deren Gewalt es steht, die Bedingungen, unter denen sie arbeiten, nach ihrem Belieben in der geeigneten Weise zu variiren, um die Natur ihrer Resultate zu verändern. Die Astronomen hingegen üben keine Einwirkung auf die Erscheinungen, welche sie untersuchen, und sehen sich zuweilen Jahrhunderte lang zu warten genöthigt, bis die Gestirne sich ihnen gerade in der günstigen Lage zeigen, um eine Schwierigkeit zu lösen.

Im vorliegenden Falle gelang es schon im verflossenen Jahre, die durch die Beobachtungen von 1842 angeregten Zweifel einer neuen experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Am 8. August 1850 stand eine Sonnenfinsterniß bevor, welche für die Sandwichinseln total war.

Der Commandant unserer Station zu Taïti, der Schiffskapitän Bonnard, hatte den glücklichen Gedanken, den Straßenbauconducteur Kutczycki von der Insel Taïti nach Honolulu, dem Hauptorte vom Sandwicharchipel zu senden.

In dem Berichte dieses geschickten Beobachters *) finden wir die folgende Stelle: „Der feine rosenrothe Streifen in der Nähe der nördlichen Protuberanz erschien vom Mondrande völlig getrennt.“

Später haben bei der Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 die zu Danzig beobachtenden Herren Mauvais und Goujon, sowie sehr berühmte Astronomen des Auslands, welche sich nach verschiedenen Punkten von Norwegen, Schweden und dem nördlichen Deutschland begeben hatten, an allen Stationen übereinstimmend einen gleichfalls röthlichen Flecken wahrgenommen, der mit dem Mondrande nicht in Zusammenhang stand.

Die Beobachtung von Hrn. Kutczycki, nebst den gleichlautenden aus dem Jahre 1851 beseitigen definitiv jede Erklärung der Protuberanzen, welche sich auf die Annahme von Sonnenbergen gründet, deren Gipfel über die Photosphäre beträchtlich hervorragen sollen.

---

*) Siehe weiter unten den Aufsatz über die Finsternisse.

Sobald der strenge Beweis geführt ist, daß diese leuchtenden Phänomene nicht als Wirkung einer Reflexion angesehen werden können, welche die Sonnenstrahlen bei ihrem Vorübergange vor den den Mondrand begrenzenden Unebenheiten erfahren; sobald überhaupt dargethan wird, daß diese rosenfarbenen Hervorragungen nicht auf einfache optische Erscheinungen zurückzuführen sind, sondern eine reelle Existenz besitzen und wirkliche Sonnenwolken darstellen: so folgt daraus die Nothwendigkeit, eine neue Atmosphäre zu den beiden bereits besprochenen hinzuzufügen, denn im leeren Raume vermögen sich keine Wolken zu erhalten.*)

Ein Jeder kann sich jetzt in Betreff der Ungewißheit, welche über einen sehr speciellen Punkt der physischen Beschaffenheit der Sonne übrig bleibt, ein Urtheil bilden. Zieht man in Betracht, daß die

---

*) Wenn solche Wolken sich im leeren Raume erhalten sollten, so müßte die aus ihrer Umdrehungsbewegung um die Sonne entspringende Centrifugalkraft in jedem Augenblicke der Schwerkraft gleich sein, mit welcher sie gegen die Sonne zu stürzen streben. Dadurch würden sie wahren Planeten vergleichbar, die ihren Umlauf um die Sonne mit ungemeiner Schnelligkeit zurückzulegen hätten. Hierin besteht im Wesentlichen die von Hrn. Babinet vorgeschlagene Erklärung für die 1842 beobachteten Protuberanzen, die in der Akademie der Wissenschaften am 16. Febr. 1846 vorgetragen wurde.

Der Leser wird in der Abhandlung des gelehrten Akademikers die geistvollen Betrachtungen finden, auf welche sich diese Theorie stützt, und die Erörterung ihres Verhältnisses zu dem kosmogonischen Systeme von Laplace. Ich glaube, daß jetzt, wo so genaue Beobachtungen der Erscheinung vorliegen, Hr. Babinet selbst mehr als eine Schwierigkeit einräumen wird, um die ungeheure Geschwindigkeit, die er für die Materie der Protuberanzen in Anspruch zu nehmen genöthigt ist, mit der relativen Unbeweglichkeit der im Jahre 1851 beobachteten Protuberanzen und der Höhenänderung, welche sie gezeigt haben, in Einklang zu bringen. Diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man jene Hervorragungen als Wolken ansieht, die in einer Sonnenatmosphäre von mäßiger Rotationsgeschwindigkeit schwimmen.

Ich muß übrigens die Bemerkung hinzufügen, daß die Existenz dieser dritten Atmosphäre durch Phänomene von ganz anderer Beschaffenheit bestätigt wird, ich meine durch die verschiedene Lichtintensität am Rande und in der Mitte der Sonnenscheibe, so wie in gewisser Rücksicht auch durch das Zodiakallicht, welches sich in unseren Klimaten um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen sehr deutlich zeigt. Jedoch würde die Betrachtung der Frage von diesem Gesichtspunkte aus Erörterungen erfordern, auf welche ich mich hier nicht einlassen kann.

Phänomene, die zur Beseitigung aller Zweifel als geeignet erscheinen, für gewöhnlich unsichtbar sind, und nur während einer totalen Sonnenfinsterniß wahrgenommen werden können, daß ferner die totalen Sonnenfinsternisse nicht häufig vorkommen, und seit Erfindung der Fernröhre die Astronomen von Europa und Amerika kaum sechs in erfolgreicher Weise zu beobachten Gelegenheit gefunden haben: so wird billigerweise Niemand erstaunt sein, daß in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die durch die Erscheinung der so viel besprochenen mysteriösen rothen Flecken oder Flammen angeregte Frage noch nicht zur völligen Entscheidung gekommen ist.

Nach diesen Erörterungen, deren Länge man mir verzeihen möge, erlaube ich mir einige Worte über die Reihe von Messungen und Schlüssen, durch welche es der Wissenschaft gelungen ist, unserer Sonne ihren wahren Platz in der Gesammtheit des Weltalls anzuweisen.

Der letzte Philosoph der ionischen Schule, Archelaus, 448 Jahre vor Christi Geburt, sagte von unserem Centralkörper: die Sonne ist ein Stern, von allen anderen Sternen nur durch ihre Größe unterschieden. Diese Conjectur — denn was weder auf Messung, noch auf Beobachtung beruht, kann nicht anders bezeichnet werden — war sicherlich sehr kühn und sehr schön. Ueberspringen wir einen Zeitraum von mehr als zweitausend Jahren, so finden wir die Beziehungen zwischen der Sonne und den übrigen Sternen des Firmaments durch die Arbeiten der neueren Zeit auf Grundlagen festgestellt, die für jede Kritik unantastbar sind.

Seit nunmehr beinahe anderthalb Jahrhunderten beschäftigen sich die Astronomen mit dem Versuche, den Abstand der Fixsterne von der Erde zu bestimmen; wiederholtes Mißlingen schien an die Unlösbarkeit der Aufgabe glauben zu lassen. Doch wo gibt es ein Hinderniß, über welches das Genie, im Verein mit der Ausdauer nicht zu triumphiren vermöchte. Erst seit sehr wenigen Jahren kennen wir die Entfernung unseres Planetensystems von den nächsten Fixsternen: sie beträgt etwa das 206000 fache der Entfernung der Sonne von der Erde, d. h. also mehr als 206000 mal zwanzig Millionen Meilen. Das Product von 206000 in 20,000000 liegt zu weit außerhalb der

Grenzen der Zahlen, an deren Betrachtung wir gewöhnt sind, als daß es einen Nutzen haben könnte, dasselbe in Ziffern anzugeben.

Mehr wird die Größe jener Entfernung in Erstaunen setzen, wenn ich sie auf die Geschwindigkeit des Lichtes beziehe. Der Stern α im Centauren gilt als der der Erde nächste Firstern, wenn es überhaupt gestattet ist, da von Nähe zu reden, wo es sich um Entfernungen wie die folgenden handelt.

Das Licht von α Centauri braucht mehr als drei Jahre, um bis zu uns zu gelangen, dergestalt, daß wenn dieser Stern plötzlich der Vernichtung verfallen sollte, wir ihn noch drei Jahre nach seinem Untergange erblicken würden. Erinnert man sich nun, daß das Licht 40000 Meilen in jeder Secunde durchläuft, daß der Tag aus 86400 Secunden, und das Jahr aus 365 Tagen besteht, so bleibt unsere Einbildungskraft wie niedergeschmettert vor der Unermeßlichkeit dieser Zahlen. Denken wir uns, von diesen Angaben ausgehend, die Sonne in eine Ferne entrückt so weit als jener uns am nächsten stehende Firstern, so wird die große runde Scheibe, die sich jeden Morgen allmälich mit Majestät über dem Horizonte erhebt, und am Abend eine beträchtliche Zeit gebraucht, um ganz und gar unter derselben Ebene zu verschwinden, nur noch unmerkliche, selbst für die stärksten Fernröhre unmeßbare Dimensionen besitzen, und ihr Glanz auf den eines Sternes dritter Größe herabsinken. Sie sehen, meine Herren, was aus der Conjectur des Archelaus geworden ist.

Vielleicht fühlt man sich gedemüthigt einem Resultate gegenüber, das unseren Platz in der materiellen Welt auf ein solches Minimum reducirt; bedenkt man jedoch, daß jenes Resultat vom Menschen ganz aus sich selbst, durch eigene Arbeit gewonnen worden ist, so kann man ihm in der Welt der Ideen den höchsten Rang nicht streitig machen. Die astronomischen Forschungen dürften also wohl geeignet sein, um von unserer Seite ein wenig Eitelkeit entschuldbar zu machen.

Leider ist es mir nicht gestattet, die neueren Astronomen auf ihrer unsterblichen Wanderung durch die Menge der am Firmamente glänzenden Sonnen zu begleiten!

Wir würden zuerst sehen, wie sie mit Hülfe ihrer vollkommenen Instrumente die relativen Stellungen dieser Gestirne firirt, und über

hunderttausend definitiv katalogisirt haben; man weiß, daß der ältere Plinius sein Erstaunen aussprach, daß Hipparch 1026 Fixsterne zu beobachten versucht, und diese Arbeit mit der eines Gottes verglich.

Wir würden ferner in neueren Werken vollständigen Aufzählungen begegnen, die uns zeigen können, daß die Anzahl der mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren Sterne auf einer einzigen Hemisphäre, am nördlichen Himmel, noch nicht dreitausend beträgt. Diese Zahl ist sicher, und wird durch ihre Kleinheit gleichwohl Viele überraschen, welche in schönen Winternächten das Heer der Sterne am Firmamente nicht zu schätzen gewagt.

Dies Erstaunen wird im umgekehrten Sinne eintreten, wenn wir uns zu den teleskopischen Sternen wenden. Setzt man diesmal die Zählung bis zu den Sternen der vierzehnten Größe fort, den kleinsten, die durch unsere mächtigsten Fernröhre sichtbar sind, so ergibt sich durch eine Schätzung, welche nur eine untere Grenze liefert, eine Zahl von mehr als 40 Millionen (vierzig Millionen Sonnen!), und der Abstand der entferntesten unter ihnen ist so beschaffen, daß das Licht drei- bis viertausend Jahre gebraucht, um diesen Raum zu durchlaufen.

Wir dürfen also mit vollem Rechte aussprechen, daß die Lichtstrahlen, diese raschesten aller Couriere, uns, wenn der Ausdruck gestattet ist, die uralte Geschichte dieser entfernten Welten zutragen.

Eine photometrische Messung, deren erste Andeutungen im Kosmotheoros von Huyghens sich finden, und deren Ausführung Wollaston kurze Zeit vor seinem Tode wieder aufgenommen hat, lehrt uns, daß 20000 Millionen Sterne gleich dem Sirius, dem glänzendsten unter den Sternen des Firmaments, erforderlich sein würden, um durch ihre gemeinsame Wirkung auf unserer Erde ebensoviel Licht zu verbreiten, wie die Sonne.

Dem durchdringenden Genie eines William Herschel verdanken wir ungeahnte Aufschlüsse über gewisse Sterne, die sich fast zu berühren scheinen, und der große Astronom hat bewiesen, daß solche Doppelsterne nicht etwa blos durch eine Wirkung der Perspective einander nahe zu stehen scheinen, sondern daß eine gegenseitige Abhängigkeit unter ihnen obwaltet, und sie um ihren gemeinschaftlichen Schwer-

punkt in Zeiträumen von verhältnißmäßig kurzer Dauer sich bewegen, welche in gewissen Fällen bereits näher haben bestimmt werden können.

Da wie die Beobachtung zeigt, die Farben der zusammengehörigen Doppelsterne häufig sehr verschieden sind, so liegt es nahe, an die Bewohner der dunkeln und mit einer Axendrehung begabten planetarischen Körper zu denken, welche aller Vermuthung nach sich um diese Sonnen bewegen, und wir dürfen uns nicht ohne begründete Besorgniß in Betreff der Werke der Maler auf jenen entfernten Welten die Bemerkung erlauben, daß dort auf einen von rothem Lichte erleuchteten Tag, nicht sowohl eine Nacht, als vielmehr ein ebenso heller Tag, nur von grünem Lichte erleuchtet, folgt.

Die Vergleichung der Positionen der zu verschiedenen Zeiten bestimmten Sterne wird uns ferner lehren, daß die Benennung Fixsterne eine sehr uneigentliche ist, insofern sich dieselben nach den verschiedensten Richtungen im Raume bewegen, so daß auf die Länge der Zeit die gegenwärtige Gestalt der Sternbilder sich vollständig ändern muß; daß die absoluten Geschwindigkeiten dieser Sterne ungleich sind, und daß z. B. ein Fixstern, dessen Bewegung mit voller Sicherheit hat ermittelt werden können, 10 Meilen in der Secunde zurücklegt; endlich daß auch unsere Sonne, vergleichbar hierin mit allen übrigen Sternen, nicht unbeweglich verharrt, und auf ihrem Laufe das ganze Gefolge der sie umgebenden Planeten mit sich fortführt.

Nicht minder bemerkenswerth ist die ungleiche Vertheilung der Sterne an der Himmelskugel. An gewissen Stellen sind auf einem Raume so groß als der zehnte Theil der scheinbaren Mondoberfläche deren mehr als 20000 zu erblicken, während wir anderswo auf gleicher Fläche, selbst in unseren besten Fernröhren, nicht einen einzigen leuchtenden Punkt wahrzunehmen vermögen.

Gern würden wir einen aufmerksamen Blick auf die im unendlichen Himmelsraume zerstreute Lichtmaterie werfen, die durch ihre Jahrtausende hindurch fortgesetzte Zusammenhäufung neuen Sternen den Ursprung geben zu sollen scheint; wir würden uns der großartigen Ideen von Wright, Kant, Lambert und William Herschel über die Constitution der Milchstraße und über ihre Dimensionen erinnern. Endlich, wenige Schritte weiter auf dem Gebiete der Conjectural-

astronomie, d. h. in dem Theile der Wissenschaft, der allein auf Schlüsse der Analogie, auf naturgemäße Verallgemeinerungen und sich aufdrängende Wahrscheinlichkeiten gegründet ist, würden uns Phänomene enthüllen, welche durch ihre Natur oder durch die Unermeßlichkeit der ihnen zu Grunde liegenden Zahlenverhältnisse, den nüchternsten Geist in eine Art Schwindel versetzen müssen.

Doch zwingen uns Zeit und Raum, der Ausführung dieser Speculationen, wie bewundernswürdig sie auch sein mögen, zu entsagen, um zu dem Hauptproblem zurückzukehren, dessen Besprechung ich mir in diesem Aufsatze vorgenommen habe, ich meine den Versuch, wo möglich einen Zusammenhang zwischen der physischen Beschaffenheit der Fixsterne und unserer Sonne zu ermitteln.

Mit Hülfe des polarisirenden Fernrohrs ist uns die Bestimmung der Natur der Materie gelungen, aus welcher die Photosphäre der Sonne besteht, weil infolge des großen scheinbaren Durchmessers ihrer Scheibe die Möglichkeit gegeben war, die verschiedenen Punkte ihres Umfangs getrennt zu beobachten. Wenn hingegen die Sonne sich von uns so weit entfernte, daß ihr scheinbarer Durchmesser unmeßbar klein wäre, wie bei den Fixsternen, so würde jene Methode ihre Anwendbarkeit verlieren: die von den verschiedenen Punkten des Umfangs kommenden Strahlen würden sich durchaus untereinander vermischen, und als Gesammtresultat, wie bereits oben gesagt, Weiß ergeben.

Es scheint demnach, als müßte man darauf verzichten, das Verfahren, welches bei Betrachtung der Sonne so gut zum Ziele führte, auf Sterne ohne merkliche Dimensionen anzuwenden; dennoch sind einige darunter, über deren Natur die nämliche Untersuchungsmethode Aufschluß zu geben geeignet ist: ich meine die sogenannten veränderlichen Sterne.

Die Astronomen haben Fixsterne aufgefunden, deren Größe oder Glanz beträchtlichen Aenderungen unterworfen ist; gewisse unter ihnen sinken in einem Zeitraume weniger Stunden von der zweiten zur vierten Größe herab, während bei anderen die Intensitätsänderung noch weit auffallender hervortritt. Solche zu manchen Zeiten sehr hellen Sterne verschwinden gänzlich, um dann in mehr oder minder

langen, und zuweilen mit gewissen Unregelmäßigkeiten behafteten Perioden von Neuem wieder zu erscheinen.

Zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung bieten sich zwei Wege dar: man kann z. B. annehmen, daß der Stern nicht an allen Punkten seiner Oberfläche gleich leuchtend sei und eine Umdrehungsbewegung um sich selbst besitze; alsdann wird er hell glänzen, so lange seine leuchtende Seite der Erde zugekehrt ist, und dagegen an Größe abnehmen, während die dunkeln Theile seiner Oberfläche in dieselbe Lage kommen.

Die zweite Erklärung beruht auf der Annahme eines dunkeln, kein eigenes Licht besitzenden Begleiters, der bei seinem Umlaufe um den Hauptstern denselben periodisch verfinstern soll.

Mag man nun die eine oder die andere Hypothese zu Grunde legen, in beiden Fällen geht das Licht, welches einige Zeit vor dem Verschwinden oder nach dem Wiedererscheinen des Sterns zu uns gelangt, nicht von allen Punkten seines Umfangs aus, dergestalt daß von einer vollständigen Neutralisation der vorhin erwähnten Farben nicht mehr die Rede sein kann.

Wenn ein veränderlicher Stern bei der Prüfung durch das polarisirende Fernrohr trotzdem in allen seinen Phasen vollkommen weiß bleibt, so kann man den Schluß ziehen, daß sein Licht von einer unseren Wolken oder unseren Gasflammen vergleichbaren Materie herrührt.

Damit stimmt allerdings das Resultat der kleinen Zahl von Beobachtungen, welche sich bisher haben anstellen lassen, und deren Vervollständigung sehr wünschenswerth ist, überein. Die nämliche Methode erfordert zwar größere Sorgfalt, führt aber gleichfalls zum Ziele bei der Untersuchung des Lichtes solcher Sterne, die in ihrem Glanze nur eine theilweise Variation erleiden.

Die Folgerung, zu welcher diese Beobachtungen führen, und die man, glaube ich, unbedenklich verallgemeinern darf, läßt sich in folgenden Worten aussprechen: Unsere Sonne ist ein Fixstern, und in ihrer physischen Beschaffenheit von den Millionen Sonnen, die das Firmament bedecken, nicht verschieden.

Innerhalb der mir vorgezeichneten Grenzen habe ich mich bemüht, eine skizzirte Darstellung alles dessen zu entwerfen, was wir heutzutage in Betreff des Inhaltes, der Entfernung und der physischen Beschaffenheit der ungeheuern Kugel wissen, von der wir Licht und Wärme empfangen. Diese Skizze mag in ihrem beschränkten Umfange genügen, um diejenigen zu enttäuschen, welche die Wichtigkeit und die Sicherheit der von den neueren Beobachtern erhaltenen Resultate meinen in Frage stellen zu können. Sie werden, wollen sie sonst aufrichtig sein, anerkennen müssen, daß in der Geschichte des Fortschrittes unserer Kenntnisse, ein Fortschritt, dem ohne Zweifel keine Grenzen gesteckt sind, die Arbeiten der Astronomen des neunzehnten Jahrhunderts nicht unbemerkt vorübergehen werden. Kritiken endlich, die einen anderen Ursprung hätten als die Liebe zur Wahrheit, würden die Aufmerksamkeit dieser Versammlung nicht einen Augenblick in Anspruch zu nehmen verdienen, und ich selbst denke, daß ich mich über sie hinwegsetzen könnte.

Ueber Finsternisse,
insbesondere über die totale Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

Einige Zeit vor der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 veröffentlichte ich in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften, im Annuaire des Längenbureau und in den Annalen für Chemie und Physik einen Aufsatz, worin ich diejenigen näheren Umstände der zu erwartenden Conjunction der Sonne und des Mondes darlegte, welche nach meiner Meinung die Aufmerksamkeit der Astronomen vorzugsweise in Anspruch zu nehmen geeignet waren. Zugleich gedachte ich der hauptsächlichsten Probleme aus der Physik des Himmels, deren Lösung mit Beobachtungen und Messungen, die nur während einer Sonnenfinsterniß angestellt werden können, im Zusammenhang steht. Später, im Jahre 1846, theilte ich den einzelnen Artikeln des von mir aufgestellten Programmes entsprechend, die Resultate mit, welche die Beobachtungen zu ziehen gestattet hatten. Hierzu fügte ich noch die Angabe verschiedener unvorhergesehener Fragen, die infolge der wunderbaren Erscheinung von 1842 in den Vordergrund getreten waren. Denn in der intellectuellen, wie in der physischen Welt, kann man keinen Schritt vorwärts thun,

ohne einen neuen Horizont zu entdecken. So hat die totale Finsterniß vom 8. Juli 1842 ihrerseits wiederum zu neuen Beobachtungen Anlaß gegeben, welche zur Ausdehnung unserer Kenntnisse über die physische Constitution des Licht und Wärme spendenden Centralkörpers unseres Planetensystems wesentlich beigetragen haben. Die für die Wissenschaft gewonnenen Thatsachen finden sich in meiner populären Astronomie, in dem Buche über Finsternisse und Sternbedeckungen*) übersichtlich zusammengestellt. In Folgendem beabsichtige ich alle diejenigen Einzelnheiten mitzutheilen, welche in einem Lehrbuche nicht wohl am Orte waren. Ich werde dabei meine ursprüngliche Redaction beibehalten, und nur diejenigen Stellen in der gegenwärtigen Schrift nicht wiederholen, welche in meinen früheren Aufsätzen verschiedenen Kapiteln der populären Astronomie entlehnt waren, und in letzterem Werke ihren Platz gefunden haben.

Zweites Kapitel.

Definitionen.

Die Sonnenfinsternisse treten nur zur Zeit des Neumonds ein; denn nur an diesem Tage kann unser Satellit zwischen die Erde und die Sonne treten, und dadurch einen größeren oder geringeren Theil der Oberfläche des leuchtenden Gestirnes unseren Augen entziehen.

Wenn im Augenblick der größten Phase einer Sonnenfinsterniß der Mond nur einen begrenzten Theil der Sonnenscheibe zu verdecken scheint, so heißt die Finsterniß eine partiale;

wenn während des erwähnten Maximums die Sonne hinter dem Monde vollkommen verschwindet, so nennt man die Finsterniß total;

wenn endlich im Verlaufe einer Finsterniß der Fall eintritt, daß der Mond sich ganz auf die Sonne projicirt, ohne sie dabei völlig zu verdecken, dergestalt daß die Sonnenscheibe in der Mitte unsichtbar, aber am Rande frei erscheint, also den Anblick eines leuchtenden Ringes

*) Das zweiundzwanzigste Buch des dritten Bandes der populären Astronomie.

als Einfassung einer schwarzen Scheibe darbietet, so ist die Finsterniß ringförmig.*)

Da Mond und Sonne von der Erde nicht gleich weit entfernt sind, so erblicken Beobachter in verschiedenen Stellungen auf der Erdoberfläche die Scheiben der beiden Gestirne nicht an denselben Punkten des Himmels. Hierin liegt die Ursache, weshalb eine Finsterniß total sein kann für gewisse Orte und nur partial für andere, oder weshalb z. B. Paris zuweilen keine Spur einer partialen Sonnenfinsterniß sieht, die in Toulouse sichtbar ist, und umgekehrt.

Damit eine Finsterniß total sein könne, müssen zur Zeit des Phänomens die beiden nach den Endpunkten eines Monddurchmessers gezogenen Gesichtslinien einen größeren Winkel einschließen, als die Richtungen nach den beiden Enden eines Sonnendurchmessers; mit anderen Worten, es muß der Monddurchmesser einem größeren Gesichtswinkel entsprechen, als der Sonnendurchmesser. Aber weder der eine noch der andere Werth sind constant, weil die Größe des Gesichtswinkels von der Entfernung abhängt, und die Abstände der beiden Himmelskörper von der Erde beträchtlichen Aenderungen unterworfen sind. Daher kommt es, daß bald der eine bald der andere der beiden Durchmesser größer erscheint. Wenn der Augenblick des Neumondes mit dem Augenblicke zusammenfällt, wo sein Durchmesser unter dem kleinstmöglichen Gesichtswinkel erscheint — was das Maximum der Entfernung von der Erde, d. h. das Apogäum voraussetzt, — so kann unter keinen Umständen eine eintretende Sonnenfinsterniß, falls sie überhaupt central ist, anders als ringförmig sein. Hat dagegen im

---

*) Die Bemerkung ist nicht überflüssig, daß bei gewissen, allerdings sehr seltenen Gelegenheiten eine und dieselbe Sonnenfinsterniß total an einem Orte und ringförmig für einen anderen sein kann. Dieser Fall tritt ein, wenn die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes fast gleich sind. Da nämlich der Mond nicht von allen Punkten der Erdoberfläche gleich weit entfernt ist, und diese Unterschiede im Vergleiche mit der absoluten Entfernung nicht verschwindend klein sind, so geht daraus hervor, daß an gewissen Punkten der Mond größer als die Sonne erscheinen kann, und an anderen umgekehrt kleiner. Dieselbe Wirkung kann die Folge einer raschen Bewegung des Mondes gegen sein Apogäum oder sein Perigäum sein.

Momente der Conjunction der Monddurchmesser seinen größten Werth, (wobei der Mond im Perigäum steht oder seinen geringsten Abstand von der Erde hat), so tritt unter günstigen Umständen die totale Verfinsterung der Sonnenscheibe ein.

Vorstehende Sätze enthalten Alles, was zu wissen nöthig ist, um einzusehen, weshalb in dem einen Falle eine Finsterniß total, in einem anderen dagegen im Maximum nur ringförmig ist, oder weshalb z. B. die nämliche Finsterniß total im südlichen Frankreich und nur partial in Paris erscheinen kann.

Mit Hülfe der Sonnen- und Mondtafeln kann man mit Sicherheit im Voraus berechnen, wie viele Finsternisse in einem gegebenen Jahr stattfinden werden, und welches ihre Beschaffenheit sein muß. So war ich vor der Sonnenfinsterniß von 1842 im Stande, eine Tafel der hauptsächlichsten numerischen Werthe für die verschiedenen Umstände der zu erwartenden Finsterniß nach der Berechnung meines geehrten Collegen Largeteau mitzutheilen, zugleich nebst einer die Bahn des Mondschattens auf der Erdoberfläche graphisch darstellenden Figur.

Um zu zeigen, mit welcher Genauigkeit unsere Tafeln jetzt dergleichen Vorausberechnungen auszuführen gestatten, lasse ich die erwähnte Tafel nebst Karte hier wieder abdrucken. (Fig. 3, S. 128.)

Gegenwärtig lassen sich Bruchtheile von Minuten bei der Vorausberechnung derartiger Erscheinungen verbürgen. In den ersten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts besaß man noch keine so vollkommenen Methoden, so daß z. B. der Anfang oder das Ende einer Finsterniß zehn bis zwölf Minuten in Zeit von dem nach den Tafeln Lahire's berechneten Resultate abwich.

Vorausberechnung der hauptsächlichsten Umstände der im südlichen Frankreich sichtbaren totalen Sonnenfinsterniß, am Morgen des 8. Juli 1842.

	Aufgang d. Sonne.	Anfang d. Finsterniß.	Beginn der totalen Verfinsterung.	Ende der totalen Verfinsterung.	Ende der Finsterniß.	Kleinster Abstand d. Mittelpunkte.
Perpignan	$4^h\ 31^m$	$4^h\ 53^m\ 21^s$	$5^h\ 46^m\ 14^s$	$5^h\ 48^m\ 28^s$	$6^h\ 45^m\ 47^s$	1,8″
Montpellier	4 28	4 57 53	5 51 20	5 53 12	6 51 6	21,5
Marseille	4 29	5 3 4	5 56 50	5 58 50	6 57 12	18,5
Digne	4 26	5 7 12	6 1 8	6 3 28	7 2 3	1,4

Die hier gegebenen Werthe sind in mittlerer Zeit ausgedrückt, gezählt von Mitternacht und auf den unteren Meridian jeder der correspondirenden Städte bezogen. Wollte man dieselben Daten in wahrer Zeit ausdrücken, so müßte man die in der vorstehenden Tafel enthaltenen Epochen um 4^m 34^s verkleinern.

Die erste Berührung der Mondscheibe sollte auf der Westseite unter 41° Abstand vom oberen Ende des verticalen Sonnendurchmessers stattfinden.

Drittes Kapitel.

Von der leuchtenden Corona, welche den Mond während der totalen Verfinsterung der Sonne umgibt.

Man findet keine nur einigermaßen sorgfältige Beschreibung einer totalen Sonnenfinsterniß, in welcher nicht eines leuchtenden Strahlenkranzes Erwähnung geschieht, der den Mond nach dem vollständigen Verschwinden der Sonnenscheibe zu umgeben und zur Milderung der eintretenden Dunkelheit beizutragen schien.

Ich weiß nicht, ob eine solche Corona die Ursache der Dämmerungshelle gewesen, deren in den Berichten über die totale Finsterniß des Jahres 98 gedacht wird. Plutarch sagt: „bei den Finsternissen läßt der Mond einen Theil der Sonne ringsum hervorragen, wodurch die Dunkelheit vermindert wird.“ Die letzten Worte lassen schließen, daß Plutarch vielmehr die totalen, als die ringförmigen Verfinsterungen im Auge hatte, da bei den letzteren überhaupt nur von einer Schwächung des Lichtes die Rede sein könnte.

Ungeschickte Beobachter hatten die Sonnenfinsterniß vom Jahre 1567 unter die ringförmigen Finsternisse gerechnet, aus dem Grunde, weil gerade während der Mitte des Phänomens der Mond von einem leuchtenden Ringe umgeben erschien. Keppler erklärte die Finsterniß für eine totale, und gab für die Entstehung des Strahlenkranzes zwei verschiedene Hypothesen an: entweder sollte der Aether in der Nähe der Sonne entzündet sein, oder man müßte annehmen, daß gewisse vom Rande der Sonnenkugel ausgehende Strahlen nach einer in der Atmosphäre des Mondes erlittenen Brechung zur Erde gelangten.

Diese Ideen entwickelte der berühmte Astronom bei Gelegenheit der zu Torgau beobachteten Corona während der totalen Finsterniß von 1598.

Die Finsterniß des Jahres 1605 war einige Augenblicke lang sicherlich total zu Neapel; den Berichterstattern zufolge zeigte sich der Mond wie eine schwarze Wolke, umgeben von einer glänzenden, einen großen Theil des Himmels einnehmenden Glorie.

Bis hierher haben wir in den älteren Schriften über die Strahlenkrone des Mondes nur unvollkommene, jeder Präcision ermangelnde Erzählungen angetroffen: die Sonnenfinsternisse von 1706, 1715, 1724, 1778, 1806, 1842, 1851 haben dagegen weit genauere Beobachtungen geliefert, welche sich in der populären Astronomie zusammengestellt finden. Weiter unten werde ich ausführlich die vollständigen im Jahre 1842 constatirten Resultate mittheilen, woraus der Leser ersehen mag, wieviel noch den künftigen Beobachtern zu thun übrig bleibt.

Viertes Kapitel.

Ueber gewisse in dem Augenblicke auftretende Unregelmäßigkeiten, wo der Mondrand innerlich in geringem Abstande vom Sonnenrande sich befindet.

In dem Augenblicke, wo der westliche Mondrand sich innerlich von dem westlichen Rande der Sonne loszulösen beginnt, erscheint derselbe wie eine Säge gezähnt. Diese Zähne nehmen sofort zu an Größe und Weite, während ihre Zahl gleichzeitig sich vermindert. Bald erscheinen die beiden Ränder nur noch durch einige geradlinige, breite, parallele, vollkommen schwarze und scharf begrenzte Striche (acht bis zehn an der Zahl) vereinigt. Endlich verschwinden auch diese Striche plötzlich. Der Vorgang ist ganz so, als wenn sich zwischen den Rändern der beiden Himmelskörper eine schwarze, klebrige Materie befände, die an gewissen Punkten der Sonne anhaftete und durch die Bewegung des Mondes ausgedehnt oder ausgezogen würde, bis die Verbindungen plötzlich zerreißen.

Bei der Bewegung des östlichen Mondrandes gegen den östlichen

Rand der Sonne wiederholen sich die nämlichen Erscheinungen in umgekehrter Ordnung: die schwarzen, parallelen Linien entstehen zuerst und mit einem Male; auf diese Linien folgen die großen Sägezähne; zum Schluß endlich, vor der völligen Verdeckung der Sonnenscheibe, erscheint der Mondrand wie eine Perlenschnur, aus unregelmäßigen, abwechselnd dunkeln und hellen Kügelchen bestehend.

Diese verschiedenen Unregelmäßigkeiten sind bereits von älteren Astronomen mehr oder weniger deutlich wahrgenommen worden; während der ringförmigen Finsterniß vom 15. Mai 1836 hat Baily in Schottland darüber scharfe Beobachtungen angestellt, und im 10. Bande der Memoirs of the Royal Astronomical Society eine ausführliche und interessante Beschreibung veröffentlicht.

Als wenn diese Phänomene nicht schon an sich merkwürdig genug wären, hat ein amerikanischer Beobachter angegeben, daß der gezähnte Rand, so wie die geraden, parallelen Verbindungslinien zwischen den beiden Rändern unsichtbar werden, sobald man durch grüne Gläser beobachtet, und dagegen sehr deutlich hervortreten, wenn man ein rothes Glas anwendet. Der anonyme Autor citirt mehrere Umstände und mehrere Städte, wo seiner Angabe nach die Thatsache constatirt worden sei.

Fünftes Kapitel.

Von den auf der Mondoberfläche beobachteten Lichterscheinungen während der Dauer von totalen Sonnenfinsternissen.

Louville berichtet, daß er im Jahre 1715 während der Dauer der totalen Verfinsterung zu London auf der Oberfläche der Mondscheibe ein blitzendes Licht wahrgenommen habe, der Entzündung eines Pulverfadens vergleichbar. Dieses Aufblitzen war momentan und schlangenförmig, wie die Blitze bei Gewittern, und zeigte sich bald an der einen, bald an der anderen Stelle, jedoch vornämlich in der Nähe des Ostrandes.

Auch Halley bemerkte Lichterscheinungen oder Blitze in allen

Richtungen, aber hauptsächlich in der Nähe des westlichen Randes und einige Zeit vor dem Austritte.

Ein anderer Astronom, dessen Namen ich nicht anzugeben weiß, legte der königlichen Gesellschaft in London eine graphische Darstellung der Finsterniß von 1715 vor, wobei die Blitze bis zum Mittelpunkte der Mondscheibe sich fortsetzten.

Im Jahre 1724 vermochten jedoch die pariser Astronomen, obgleich durch die Abhandlungen von Louville und Halley vollkommen vorbereitet, auf der Oberfläche unseres Satelliten keinerlei Lichterscheinungen wahrzunehmen.

Bei der Finsterniß von 1778 erblickten Ulloa, Aranda und Winthuisen auf der Mondscheibe, in der nordwestlichen Region, eine und eine Viertel Minute vor dem Wiedererscheinen der Sonne, einen leuchtenden Punkt, welcher successive wie ein Stern vierter, dritter und zweiter Größe glänzte.

Im Jahre 1806 endlich sah Ferrer keine leuchtende Stelle auf der Mondoberfläche; nur bemerkte er in einem gewissen Moment durch das Teleskop wie eine schmale Rauchsäule, die aus der westlichen Region des Gestirnes hervorzukommen schien.

Sechstes Kapitel.

Reflexionen und Winke für die künftigen Beobachter von Finsternissen.

Die glänzende Strahlencorona verdient vor Allem die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich zu ziehen.

In Betreff der Frage, ob dieser Lichtring seinen Mittelpunkt im Centrum der Sonne oder des Mondes habe, sind die Meinungen widersprechend. Halley und Louville lassen den Mittelpunkt der Corona mit dem des Mondes zusammenfallen, während dagegen Maraldi und Ferrer dafür stets das Sonnencentrum annehmen.

Wenn die erste Ansicht gegründet ist, so kann der den dunkeln Mondkörper umgebende Lichtkreis nicht mehr der Sonnenatmosphäre angehören, und Beweise für das Vorhandensein einer solchen Atmo-

sphäre sind in anderen Erscheinungen zu suchen. Verweilen wir einen Augenblick bei der Erörterung dieser Behauptung, um zu zeigen, wie wichtig die Frage ist.

Wird die Existenz einer Sonnenatmosphäre angenommen, so ist wahrscheinlich, daß dieselbe nach allen Richtungen gleiche Ausdehnung hat; namentlich kann es nicht zweifelhaft sein, daß in den Aequatorealgegenden der Sonne, z. B. im Osten und im Westen der scheinbaren Scheibe, die Atmosphäre sich gleiche Strecken über die condensirten und lebhaft leuchtenden Theile der Sonnenoberfläche hinaus fortsetzt.

Dies vorausgesetzt möge der Monddurchmesser unter einem größeren Gesichtswinkel erscheinen, als der Sonnendurchmesser (was wie wir gesehen haben, am Tage einer totalen Finsterniß in der That stattfinden muß), und vergegenwärtigen wir uns den Gang der Erscheinung, wenn der Mond von Westen nach Osten seine Bewegung im Raume vollzieht.

Sobald der Ostrand unseres Satelliten den westlichen Rand der Sonne von Außen berührt, beginnt die eigentliche Finsterniß. Nach ziemlich langer Zeit erreicht derselbe östliche Rand des Mondes den Ostrand der Sonne von Innen, d. h. an der concaven Seite: dies ist der Anfang der totalen Verfinsterung. In dem genannten Augenblicke reicht der Westrand des Mondes über den gleichnamigen der Sonne um eben so viel hinaus, als der Unterschied der scheinbaren Durchmesser beider Gestirne beträgt. Beim Beginne der totalen Finsterniß entzieht folglich der Mond unseren Augen auf der westlichen Seite einen Theil der Sonnenatmosphäre, während jenseit des östlichen Randes durchaus Nichts verdeckt ist. Das Umgekehrte findet in dem Augenblicke statt, wo die totale Verfinsterung aufhört. Man hat also, um die beregte Frage zu entscheiden, zu Anfang und zu Ende der totalen Verfinsterung die Breite der Strahlenkrone im Osten und im Westen, und ebenfalls in den übrigen Richtungen zu messen.

Zur Ausführung solcher Messungen können entweder Reflexionsinstrumente benutzt werden, oder prismatische Fernröhre von Rochon, oder Fernröhre mit mäßigen Vergrößerungen, in deren Focus eine gewisse Zahl fester Fäden, in Abständen von je einer Minute etwa, eingezogen sind. Jede dieser Beobachtungsmethoden kann mit Rücksicht auf

den Glanz der Corona und die Schärfe ihrer äußeren Begrenzung ihre besonderen Vortheile bieten.

Ist es nun wahr, wie Ulloa sagt, daß die Corona sich erst fünf bis sechs Secunden nach dem Beginn der totalen Verfinsterung zeigt, und ebenso vier oder fünf Secunden früher als die Dunkelheit verschwindet? Diese doppelte Behauptung erfordert um so mehr eine Verification, als Halley die Erscheinung bereits vor dem völligen Verschwinden der Sonne bemerkt zu haben erklärt.

Ist es ferner wahr, wie Halley im Jahre 1715 beobachtet hat, daß die leuchtende Glorie um den Mond keinen Schatten im Freien erzeugt?

Farben sind an der Corona von Halley, Louville und Ulloa wahrgenommen worden. Dieser Umstand leitet auf die Annahme, daß ihr Ursprung in Diffractionserscheinungen zu suchen sei. Es ist daher von Wichtigkeit, die ganze Reihe sichtbarer Farben scharf zu unterscheiden und in ihrer respectiven Ausdehung zu bestimmen. Befolgt man dann das Verfahren des Akademikers Delisle, mittelst einer vor die Sonne gestellten undurchsichtigen Kugel, welche ein wenig über den Sonnenrand hinausragt, eine künstliche Lichtkrone um jene Kugel zu erzeugen, so wird in der Vergleichung der hier auftretenden Phänomene mit den bei der Sonnenfinsterniß ausgeführten Messungen ein sicheres Mittel liegen, um alle Zweifel zu beseitigen.

Zeigt die Corona Unterbrechungen, divergirende Strahlen, etwa wie wir bei den Glorien der Heiligen zu sehen gewohnt sind? Tritt eine derartige Erscheinung mit voller Regelmäßigkeit auf, und wenn nicht, wie der Wahrscheinlichkeit nach der Fall ist, wo endigen die Strahlen am Mondrande? Es würde von Interesse sein, womöglich zu untersuchen, ob etwa die Ausgangspunkte dieser Strahlen Thälern oder Bergen auf der Mondoberfläche entsprechen.

Verräth das Licht der den Mond umgebenden Strahlenkrone Spuren von Polarisation? Das Polariskop wird darüber Aufschluß geben können.

Nächst den zur Entscheidung der Frage über die Lage des Mittelpunkts der Corona bestimmten Beobachtungen wird eine der nützlichsten Untersuchungen das Studium der Umstände sein, unter denen der

Mondrand zur Zeit der inneren Berührung beider Scheiben sich gezähnt zeigt; die Ermittelung der Art, wie die Zähne in einander übergehen, ihre Größe und Gestalt ändern, und schließlich verschwinden. Bis jetzt ist über die Anzahl Secunden, welche zwischen dem Auftreten der Perlenreihe und dem Verschwinden der schwarzen parallelen Striche verfließen, nichts Genaueres bekannt. Vielleicht wird die Kenntniß aller dieser Umstände noch nicht genügen, um die physische Ursache einer so auffallenden Erscheinung zu entschleiern; aber selbst wenn diese Ursache aufgefunden wäre, so würde sie so lange als unsicher anzusehen sein, als nicht ihre Uebereinstimmung mit den numerischen Daten dargethan worden ist, für welche ich die Elemente sorgfältig zu sammeln anempfehle.

Die schlängelnden Lichterscheinungen auf der dunkeln Mondscheibe, welche von Louville und Halley 1715 wahrgenommen und seitens des pariser Akademikers als Blitze angesehen wurden, die infolge der im Augenblicke der totalen Verfinsterung an verschiedenen Punkten der Atmosphäre unseres Satelliten erfolgenden Entladung mehrerer Gewitter entstehen sollten, könnten nach meinem Dafürhalten auch in anderer Weise erklärt werden.

Die Sonne ist größer als der Mond, und erleuchtet deshalb stets etwas mehr als die Hälfte der Mondkugel. Selbst im Momente der centralen Verfinsterung dringen daher Sonnenstrahlen in die der Erde zugekehrte Mondhemisphäre. Sollte es nun nicht möglich sein, daß dergleichen Strahlen bis zu dem von uns gesehenen Theile der Mondoberfläche gelangten, und an den Abhängen der vulkanischen Mondberge dergestalt mehr oder weniger vielfache Reflexionen erführen, daß ihr Licht von der Erde aus gesehen den trügerischen Anschein der Beweglichkeit erhielte? Hieraus könnte man die in der Nähe der Ränder beobachteten Blitze erklären; in der Mitte der Mondscheibe haben die Lichterscheinungen vielleicht eine verschiedene Ursache. Die Sonnenstrahlen werden an der Oberfläche der Wasserbecken auf unserer Erde ziemlich regelmäßig zurückgeworfen. Wenn nun außerhalb des im Schatten der Finsterniß befindlichen Theiles der Erdoberfläche eine solche Wasserfläche, von beschränkter Ausdehnung, gerade so liegt, daß die von ihr reflectirten Sonnenstrahlen den Mond treffen, so bewirken



Fig. 3. – Bahn des Mondschattens auf der Erdoberfläche während der totalen Sonnenfinsterniss vom 8 Juli 1842.

diese Strahlen eine partielle Erleuchtung der dunkeln Scheibe, und müssen zugleich wegen der Rotationsbewegung der Erde auf verschiedene Punkte treffen. Dies scheint mir in Uebereinstimmung mit dem wesentlichen Charakter des Phänomens. Ich weiß nicht, ob es nicht ebenfalls möglich wäre, den Ursprung der von Halley und Louville bemerkten Blitze in die Atmosphäre unserer Erde zu verlegen. Es wird ein Hauptziel der Astronomen sein müssen, bei der künftigen Beobachtung derartiger Lichterscheinungen alle solchen Umstände genau ins Auge zu fassen, welche über die Wahl zwischen den drei angeführten Hypothesen Aufschluß zu geben geeignet sein könnten. Es ist z. B. klar, daß die dritte Erklärung als definitiv beseitigt anzusehen wäre, wenn in verschiedenen, etwas entfernten Punkten der Erde, etwa wie Perpignan und Digne, die Lichterscheinungen an denselben Stellen beobachtet würden.

Besondere Aufmerksamkeit möge man der nordwestlichen Region der Mondscheibe zuwenden. Ulloa hielt dieselbe für durch und durch durchbohrt und erklärte den im Jahre 1778 wahrgenommenen hellen Punkt für ein durch eine enge Oeffnung gesehenes, sehr kleines Stückchen der Sonnenoberfläche. Lalande berechnete, daß um allen Umständen der Beobachtung des spanischen Admirals zu genügen, die vorausgesetzte Oeffnung fünfzehn Lieues von der von der Erde aus an den Rand des Mondes gezogenen Tangente abstehen müßte, aus welchem Resultate er dann eine Länge von hundert und neun Lieues für jene Oeffnung ableitete. Es würde folglich ein Zusammentreffen außerordentlich seltener Umstände dazu gehören, damit unter ganz besonderen Verhältnissen der Librationsbewegung des Mondes die Richtung eines so langen Loches oder Schlotes an einem gewissen Tage genau durch einen gegebenen Ort ginge. Indeß darf die geringe Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammentreffens, ich wiederhole es, nicht hindern, den nordwestlichen Rand unseres Satelliten einen Augenblick mit Aufmerksamkeit zu betrachten.

An das Interesse, das es hat, an jedem Orte auf die Zahl und die Größe derjenigen Sterne zu achten, welche während der Dauer der totalen Finsterniß dem bloßen Auge sichtbar werden, brauche ich wohl nicht zu erinnern.

In der bisher vollkommen constatirten Unmöglichkeit, die Flecken auf dem Monde mit Hülfe des während einer totalen Sonnenfinsterniß von der Erde nach ihnen reflectirten Lichtes zu entdecken, liegt eine Art von Kriterium (définition intrinsèque) für die zur Zeit der größten Dunkelheit während der Finsterniß in unserer Atmosphäre verbreiteten Lichtmenge. Dieser Umstand ist nicht außer Acht zu lassen; es dürfte sogar nicht schwer sein, Zahlenangaben darauf zu gründen. Als eine keineswegs nutzlose Aufgabe ist der Versuch zu betrachten, die Flecken der Mondscheibe mit Hülfe solcher Fernröhre zu erkennen, welche sie im aschfarbenen Lichte der totalen Mondfinsternisse in der Regel am besten zeigen, ich meine mittelst der sogenannten Nachtfernröhre oder Kometensucher.

Wenn die sehr kurze Dauer der totalen Verfinsterung nicht etwa ein Hinderniß ist, wird man gewiß merkwürdige Resultate finden, indem man ein Polarimeter successive auf alle dem Schattenkegel benachbarten Regionen der Atmosphäre richtet. Aber so viele Beobachtungen lassen sich nicht in zwei bis drei Minuten anstellen; der Beobachter wird sich deshalb auf die wichtigsten zu beschränken haben.

Die leise Färbung, welche die Atmosphäre und die Gegenstände auf der Erde in dem Augenblicke annehmen, wo ein sehr großer Theil der Sonne verdeckt wird, scheint darauf hinzudeuten, daß alsdann außer einer Quantität weißen Lichtes, noch einige isolirte, von den übrigen getrennte Elementarstrahlen (roth, orange und gelb) zu uns gelangen. Eine solche Zerlegung des weißen Lichtes kann am Rande des Mondes eine Wirkung der Diffraction sein, und es muß in diesem Falle die Grenze des direct beobachteten Himmelskörpers farbig erscheinen. Sind nun dergleichen Regenbogenfarben immer vorhanden, oder fangen sie erst an merklich zu werden und eine wahrnehmbare Färbung auf der Erde hervorzurufen in dem Augenblicke, wo ihre Breite zu der des sichtbar und weiß gebliebenen Sonnensegmentes in einem bestimmten Verhältnisse steht? Sollen diese Fragen entschieden werden, so ist der Gebrauch der gefärbten Gläser bei der Beobachtung totaler Finsternisse durchaus zu verwerfen; es wird vielmehr unerläßlich, daß die Astronomen solche Combinationen von Gläsern wählen, welche der Sonne ihre volle natürliche Weiße lassen.

Wenn die Astronomen, durch andere Sorgen in Anspruch genommen, die Beobachtung der über irdische Gegenstände und in der Atmosphäre verbreiteten Färbung Liebhabern überlassen, so müssen diese gegen etwaige Contrastwirkungen auf ihrer Hut sein. Es ist nöthig, wohl darauf zu achten, daß die Gegenwart irgend einer künstlichen Lichtquelle den durch die Strahlenkrone direct, und secundär durch die Atmosphäre beleuchteten Gegenständen Färbungen ohne Realität mittheilen könnte. Zu einer Zeit, wo man es sich zur Aufgabe gemacht zu haben scheint, zu vergessen, daß ein weißer Gegenstand durch den Contrast farbig erscheinen kann, also z. B. grün in der Nähe eines intensiven rothen Lichtes, dürften dergleichen Erinnerungen keineswegs als überflüssig gelten.

Während einer Sonnenfinsterniß projicirt sich der Mond als schwarze Scheibe, und in seiner wahren Gestalt, auf die Sonne. Der sichtbar bleibende Theil der Sonnenoberfläche wird folglich stets durch zwei Kreisbogen begrenzt. An den beiden Punkten, wo dieselben zusammenstoßen, entstehen zwei krummlinige, von einem dunkeln und einem hellen Bogen gebildete Figuren, welche man Hörner nennt. Zu gewissen Zeiten können diese Hörner äußerst scharf und spitz werden.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen, welche die Spitzen der Hörner und die benachbarten Theile hell hervortreten lassen, gehen um zur Erde zu gelangen, hart an der Mondoberfläche vorüber. Wenn eine merkliche Atmosphäre den Mond umgibt, so müssen diese Strahlen abgelenkt und dadurch die Kreisform der Sonne alterirt werden; an den Hörnern werden sich Inflexionen, locale Unregelmäßigkeiten wahrnehmen lassen, auf welche es sehr nützlich ist die Aufmerksamkeit der Beobachter zu lenken.

Nicht allein die Beobachtung der Hörner kann uns möglicherweise in den Stand setzen, mehr oder minder genaue Vorstellungen in Bezug auf die Mondatmosphäre zu erlangen. Die Gase und Dünste halten immer einen Theil der sie durchlaufenden Lichtstrahlen zurück. Wenn unser Satellit eine Atmosphäre besitzt, so muß der große schwarze Flecken, welchen er bei seiner Projection auf die Sonne erzeugt, concentrisch mit einer Art von Halbschatten, d. h. mit einem schmalen, jener Atmosphäre entsprechenden Gürtel umgeben sein. In der ganzen

Ausdehnung des fraglichen Gürtels oder Ringes wird das Sonnenlicht etwas geschwächt erscheinen. Zum Nachweise einer solchen Schwächung hat man sich noch nicht hinreichend der langen oder gestreckten Sonnenfackeln (facules allongées) bedient, welche die Oberfläche des leuchtenden Gestirnes überziehen. Die langen Sonnenfackeln haben in der Regel in ihrer ganzen Ausdehnung einen gleichmäßigen Glanz. Wenn nun der Rand des Mondes in senkrechter Richtung sich längs eines solchen glänzenden Streifens fortbewegt, so ist Nichts leichter, als zu entscheiden, ob das der schwarzen Scheibe benachbarte Stück von gleicher Helligkeit mit dem übrigen ist. Auf dieselbe Art würde zugleich die geringste, von einer Brechung in der Mondatmosphäre herrührende Verzerrung sichtbar werden. Mit einem Worte, die Beobachtung gewisser Sonnenfackeln während der Finsterniß scheint mir vor der der Kerne großer Sonnenflecken eigenthümliche Vorzüge zu besitzen, obgleich im Allgemeinen die Astronomen sich wenig damit beschäftigt haben.

Halley erzählt, daß im Jahre 1715 das östliche Segment der Sonne, das noch zuletzt sichtbar blieb, ohne Unbequemlichkeit im Fernrohre nach Wegnahme des Blendglases betrachtet werden konnte, während zu Ende der totalen Finsterniß das zuerst wieder erscheinende westliche Segment eine solche Betrachtung nicht gestattete.

Zur Erklärung dieses Phänomens zeigte sich der große Beobachter mit Recht geneigt, dem Auge die Hauptrolle zuzuweisen. So erkannte er an, daß die gegen das Ende der Verfinsterung mehr erweiterte Pupille auch mehr Licht durchgehen lassen müsse, als zu Anfang; aber eine zweite Ursache schien ihm mit im Spiele zu sein. Er sagt: „Da die östliche Seite des Mondes während einer Periode von fast funfzehn irdischen Tagen der erwärmenden Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen, so muß die Atmosphäre daselbst nothwendigerweise mit Dünsten angefüllt sein, welche sich infolge des langen Sonnenscheins entwickelt haben. Die Ursache der beobachteten Schwächung im Glanze der Sonnenstrahlen möchte folglich in den physikalischen Eigenschaften jener östlichen Atmosphäre zu suchen sein, welche sie zu durchlaufen haben. Am westlichen Rande hat im Gegentheil eine ebenso lange Nacht (von funfzehn Tagen) geherrscht, während

welcher die in der vorangegangenen Periode entwickelten Dünste sich niedergeschlagen haben. Daher müssen die diese zweite reinere und durchsichtigere Region der Mondatmosphäre durchlaufenden Strahlen von besonderer Lebhaftigkeit sein."

Diejenigen, welche die vorgetragenen Conjecturen noch einer Verification für werth erachten sollten, werden wie mir scheint, leicht die Mittel finden, um die von Halley angedeutete Ungewißheit zu beseitigen. Um jeden aus der Oeffnung der Pupille entspringenden Einfluß wegzuschaffen, braucht man das Fernrohr nur mit einer so starken Vergrößerung zu versehen, daß die Breite des aus dem Oculare austretenden parallelen Strahlenbündels kleiner ist als der Durchmesser der Pupille selbst im Zustande ihrer größten Verengerung. Die Wirkungen der Blendung oder der Ermüdung lassen sich gleichfalls eliminiren, wenn man für die Beobachtung des Ein- und Austrittes der Sonne das eine, beständig bedeckt gehaltene Auge reservirt, welches für das Studium der übrigen Phasen der Finsterniß nicht in Anspruch genommen wird. In der That geht, so viel ich mich erinnere, aus verschiedenen Versuchen von Du Fay hervor, daß eine Blendung des einen Auges sich dem anderen nicht mittheilt.

Nimmt man die Sonne von einer Atmosphäre umgeben an, so werden die von den Rändern zu uns gelangenden Strahlen eine größere Strecke in der Sonnenatmosphäre zurückzulegen haben, als die von der Mitte kommenden Strahlen. Es ist deshalb nicht für gewiß anzusehen, daß diese beiden Gattungen von Strahlen vollkommen identisch sein müssen. In den Frauenhofer'schen Linien könnten sich z. B. Unterschiede kund geben infolge der ungleichen Absorptionsverhältnisse, denen die Lichtbündel bei ihrem Durchgange durch verschiedene Dicken der Sonnenatmosphäre unterworfen sind. Der Versuch ist mit einem negativen Resultate während der ringförmigen Finsterniß des Jahres 1836 angestellt worden. Ich schlage seine Wiederholung aus dem Grunde nicht vor, weil ich es für nutzlos halte, die sehr kurze Dauer einer Sonnenfinsterniß auf Beobachtungen zu verwenden, welche jeden Tag im Jahre gemacht werden können.

Man hat oft gehofft aus dem Gange des Thermometers während der Dauer einer Finsterniß Aufschluß darüber gewinnen zu kön-

nen, ob alle Theile der Sonne in gleicher Weise leuchtend sind. Auf diesen Punkt gerichtete Beobachtungen sind nicht jedesmal den Astronomen anzuempfehlen: die Sonne kann in Frankreich zu tief stehen, als daß sich eine große Regelmäßigkeit im Gange des Thermometers erwarten ließe. Außerdem lassen die thermometrischen oder photometrischen Intensitäten der verschiedenen Punkte der Sonnenscheibe sich auf directem Wege ermitteln und vergleichen. Während der Finsterniß vom 15. Mai 1836 wurde in Paris der Gang zweier Thermometer verfolgt, das eine mit weißer, das andere mit geschwärzter Kugel, die in zwei luftleeren Ballons den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. Ein gewisser Schluß auf die relativen Wärmewirkungen der vom Rande und vom Centrum der Sonne ausgehenden Strahlen ließ sich daraus nicht ziehen. Dünste und selbst Wolken waren während der Dauer der Finsterniß eine Quelle offenbarer Störungen, deren Betrag sich unmöglich genau schätzen lassen dürfte.

Seneca erzählt uns, daß Posidonius im Augenblicke einer totalen Sonnenfinsterniß einen Kometen sah. Diese Beobachtung hat man auf das Jahr 462 vor unserer Zeitrechnung gesetzt, in welchem Jahre in der That eine totale Finsterniß zu Athen stattgefunden hat.

Auch im Jahre 418 nach Christi Geburt, zur Zeit des Kaisers Theodosius, wird von einem während einer totalen Sonnenfinsterniß erschienenen Kometen berichtet.

Ich halte es deshalb für ganz angemessen, den künftigen Beobachtern von Sonnenfinsternissen zu empfehlen, während der Dauer der totalen Verfinsterung durch ihre Gehülfen nachsehen zu lassen, ob sich etwa ein Komet über dem Horizonte befindet.

Siebentes Kapitel.

Zeit des Anfangs und des Endes der Finsterniß; Zeit des Anfangs und des Endes der totalen Verfinsterung.

Die in den Ephemeriden aufgenommenen Angaben, welche, wie wir dies im 2. Kapitel, S. 121 gesehen haben, in Stunden, Minuten

und Secunden den Anfang und das Ende der Finsterniß vom 8. Juli 1842, den Eintritt der totalen Verfinsterung und die Dauer derselben festsetzten, haben mit den Beobachtungen nur innerhalb der Grenzen von dreißig bis vierzig Secunden übereingestimmt. Diese Unterschiede zeigten, daß die Mondtafeln, der Halbmesser des Mondes und der Sonne einer Verbesserung bedürfen; denn überall hat sich die Abweichung in demselben Sinne kund gegeben; doch nein, streng genommen könnte man eine Ausnahme anführen, nämlich die Beobachtungen in Narbonne.

Die eifrigen Liebhaber der Astronomie, die sich in dieser Stadt vereinigt hatten, haben drucken lassen, daß die Mondscheibe in dem vorausbestimmten Augenblicke die Sonnenscheibe berührte und so die untrügliche Genauigkeit der astronomischen Vorhersagungen bestätigte.

Nichts lautet bestimmter als diese Worte; man hätte aber anführen sollen, wem man für die Station Narbonne die Vorherbestimmung des Anfangs der Finsterniß entlehnt hat; denn diese Stadt steht nicht in Largeteau's Tafel. Es wäre nicht weniger nöthig gewesen, die Methoden anzugeben, wodurch die Chronometer in Narbonne am Tage vor und nach der Finsterniß regulirt wurden. Katoptrische und dioptrische Fernröhre, Polariskope (dies sind die einzigen in der vor mir liegenden Abhandlung genannten Instrumente) können nicht zur Bestimmung der Zeit dienen. Die von den Beobachtern in Narbonne ausgesprochene Anomalie vermag also die sonst überall gefundenen Resultate nicht zu entkräften.

Die Beobachtungen in Perpignan sind auf der Citadelle angestellt worden, und zwar auf der Terrasse des Commandanten an einem Punkte der Courtine, welche diese Terrasse äußerlich begrenzt; seine mittelst eines Gambey'schen Repetitionstheodolits bestimmte Breite ist $42^{0}\ 41'\ 43''$.

Die Länge desselben Punktes ist nach einer geodätischen Operation, deren Endpunkt der Thurm Saint-Jacques (einer der Stationen der großen Triangulation von Frankreich) war, $0^h\ 2^m\ 14{,}3^s$ östlich vom pariser Meridiane.

Der Gang der Chronometer wurde aus absoluten mittelst eines

Gambey'schen Repetitionstheodolits beobachteten Höhen mehrerer Sterne und der Sonne hergeleitet.

Laugier's Fernrohr hatte 93mm Oeffnung und 55fache Vergrößerung.

Mauvais' Fernrohr hatte 156mm Oeffnung und 120fache Vergrößerung.

Das von mir benutzte Fernrohr hatte 91mm Oeffnung und 56fache Vergrößerung.

Folgendes sind unsere Resultate:

Anfang der Finsterniß.

	Mittlere perpignaner Zeit.
Arago	4^h 54^m 8^s
Laugier	4 54 9
Mauvais	4 54 8

Anfang der totalen Verfinsterung.

Arago	5^h 46^m $51{,}4^s$
Laugier	5 46 51,4
Mauvais	5 46 51,9

Ende der totalen Verfinsterung.

Mauvais	5^h 49^m $2{,}5^s$

Ende der Finsterniß.

Arago	6^h 46^m $16{,}6^s$
Laugier	6 46 15,6
Mauvais	6 46 15,6

In der folgenden Tafel habe ich die Resultate der auf den wichtigsten europäischen Stationen gemachten Beobachtungen zusammengestellt, ausgedrückt in mittlerer Ortszeit, von Mitternacht an gezählt.

Anfang der Finsterniß.	Anfang der totalen Verfinsterung.	Ende der totalen Verfinsterung.	Ende der Finsterniß.
Marseiller Observatorium. — Valz.			
5^h 3^m 50^s *)	5^h 57^m 30^s	5^h 59^m 29^s	6^h 57^m 49^s **)

*) Muthmaßlich wegen der Undulationen 4 bis 5 Secunden zu spät.

**) Muthmaßlich wegen der Undulationen 2 bis 3 Secunden zu früh.

Anfang der Finsterniß.	Anfang der totalen Verfinsterung.	Ende der totalen Verfinsterung.	Ende der Finsterniß.
Sternwarte in Toulon. — Kapitän Bérard.			
$5^h\ 7^m\ 54^s$ *)	$6^h\ 0^m\ 32^s$	$6^h\ 1^m\ 22^s$	$7^h\ 0^m\ 0^s$
Mailand. — Carlini und andere Beobachter. Mittlere Resultate.			
$5^h\ 20^m\ 38{,}2^s$	$6^h\ 15^m\ 31{,}4^s$	$6^h\ 17^m\ 45{,}8^s$	$7^h\ 17^m\ 20{,}5^s$
Wiener Sternwarte. — Schumacher.			
$5^h\ 51^m\ 51{,}9^s$	$6^h\ 49^m\ 24{,}9^s$	$6^h\ 51^m\ 21{,}9^s$	$7^h\ 53^m\ 55{,}9^s$
Sternwarte in Padua. — Santini.			
$5^h\ 30^m\ 24{,}3^s$	$6^h\ 26^m\ 46{,}3^s$	$6^h\ 28^m\ 19{,}3^s$	$7^h\ 29^m\ 19{,}3^s$
Sternwarte in Padua. — Conti.			
$5^h\ 30^m\ 48{,}3^s$	$6^h\ 26^m\ 54{,}3^s$	$6^h\ 28^m\ 19{,}3^s$	$7^h\ 29^m\ 26{,}8^s$
Sternwarte der Marine in Venedig. — Wüllerstorf und Wistak. (Mittel.)			
$5^h\ 32^m\ 36{,}9^s$	$6^h\ 29^m\ 25{,}3^s$	$6^h\ 30^m\ 8{,}7^s$	$7^h\ 32^m\ 47{,}3^s$
Lipesk. { östl. Länge von Paris $2^h\ 29^m\ 1^s$; nördl. Breite . . . . $52^0\ 36'\ 43''$ } O. Struve und Schidlofsky.			
	$8^h\ 42^m\ 1{,}6^s$	$8^h\ 45^m\ 6{,}5^s$	$9^h\ 55^m\ 9{,}3^s$

Bei der Discussion der in Wien und in einigen Städten Italiens gemachten Beobachtungen hat Carlini 16′ 20,4″ für die Constante des Mondhalbmessers, einer Aequatorealparallaxe von 60′ entsprechend, gefunden, während die Burckhardt'schen Tafeln 16′ 21,0″ geben; dagegen hat er den Sonnenhalbmesser, der am besten bestimmt schien, um 1,36″ vergrößert. Dieser Durchmesser war für die mittlere Entfernung der Erde nach Encke 15′ 58,42″; Carlini erhöht ihn infolge der Umstände bei der Finsterniß auf 15′ 59,78″.

*) Herr Bérard glaubt, daß der Eintritt schon seit 2 Secunden erfolgt war; die angegebene Zahl würde also um diesen Betrag zu groß sein.

Es würde nützlich sein, die Rechnungen des mailänder Astronomen unter Zugrundlegung sämmtlicher Beobachtungen zu wiederholen. Die totalen und die ringförmigen Finsternisse bieten vier Berührungen der beiden Gestirne, zwei innere und zwei äußere dar und führen deshalb zu Resultaten, die man aus partiellen Verfinsterungen nicht würde erhalten können.

Um die große Zahl genauer Beobachtungen, die man während einer Finsterniß ausführen kann, zu zeigen und um darzuthun, welche Uebereinstimmung man zwischen den von verschiedenen an einem und demselben Orte beobachtenden Astronomen erhaltenen Resultaten erwarten darf, will ich hier die ausführliche Tabelle der in Paris während der Finsterniß vom 15. Mai 1836 gemachten Beobachtungen aufnehmen. Während dieser Finsterniß sind die Hörner der Sichel stets merkwürdig spitz gewesen, und ist nicht die geringste Lichtabnahme in der Nähe der Mondscheibe bemerkt worden.

Das von mir 1836 benutzte Fernrohr hatte 155^{mm} Oeffnung und 80fache Vergrößerung.

A. Bouvard's Fernrohr hatte 68^{mm} Oeffnung und 60fache Vergrößerung.

Mathieu benutzte ein Aequatoreal von 97^{mm} Oeffnung und 120facher Vergrößerung.

Savary's Fernrohr hatte 97^{mm} Oeffnung und 70fache Vergrößerung.

E. Bouvard's Fernrohr hatte 194^{mm} Oeffnung und 120fache Vergrößerung.

Laugier's Fernrohr hatte 88^{mm} Oeffnung und 60fache Vergrößerung.

Plantamour's Fernrohr hatte 131^{mm} Oeffnung und 130fache Vergrößerung.

Mauvais und Kapitän Basil Hall hatten sich unseren Beobachtungen ebenfalls angeschlossen.

Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Anfang der Finsterniß.

	Mittlere pariser Zeit.		
Arago	2^h	6^m	$7{,}5^s$
A. Bouvard	2	6	9,8
Mathieu	2	6	12,6
Savary	2	6	10,6
E. Bouvard	2	6	1,8
Laugier	2	6	16,8 *)
Plantamour	2	6	8,5
Basil Hall	2	6	10,3

Berührung des Mondrandes mit dem Mittelpunkte eines Fleckens.

Savary	2^h	7^m	$18{,}4^s$
Plantamour	2	7	8,8

Berührung des Mondrandes mit einem schwarzen Flecken.

	Erster Rand des Fleckens.			Mittelpunkt des Fleckens.			Zweiter Rand des Fleckens.		
Arago . . .	2^h	19^m	$42{,}0^s$	2^h	19^m	$55{,}0^s$	2^h	20^m	$8{,}0^s$
A. Bouvard .		—		2	19	56,8		—	
Savary . . .	2	19	43,3	2	19	56,3		—	
E. Bouvard .	2	19	41,8	2	19	53,8	2	20	6,8
Laugier . .	2	19	41,8	2	19	53,8		—	
Plantamour .	2	19	41,8		—		2	20	1,8
Mauvais . .	2	19	42,8	2	19	54,8	2	20	7,8
Basil Hall .		—		2	19	52,8		—	

Berührung des Mondrandes mit einem schwarzen Flecken.

	Erster Rand.			Mittelpunkt.			Zweiter Rand.		
A. Bouvard .		—		2^h	44^m	$0{,}8^s$		—	
Mauvais . .	2	43	46,8	2	44	5,8	2	44	24,8
Basil Hall .	2	43	46,8		—			—	

Anderer Flecken.

	Erster Rand.			Mittelpunkt.			Zweiter Rand.		
M. Savary .		—		2^h	48^m	$28{,}7^s$		—	
E. Bouvard .	2^h	48^m	$18{,}8^s$	2	48	24,8	2^h	48^m	$32{,}8^s$
Laugier . .		—		2	48	26,8		—	
Plantamour .		—		2	48	21,8		—	
Mauvais . .	2	48	13,8	2	48	22,8	2	48	31,8

---

*) Um einige Secunden verspätete Beobachtung.

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand des Fleckens.	Mittelpunkt des Fleckens.	Zweiter Rand des Fleckens.
A. Bouvard .	—	2h 50m 19,8s	—
E. Bouvard .	2h 50m 0,8s	2 50 14,8	2h 50m 23,8s
Laugier . .	2 49 58,8	2 50 12,8	—
Plantamour .	2 49 56,8	—	2 50 24,8
Mauvais . .	2 50 0,8	2 50 13,8	2 50 25,8
Basil Hall .	2 50 1,1	—	2 50 27,8

Anderer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	2h 50m 46,5s	—	2h 51m 27,5s
A. Bouvard .	—	2 51 7,8	—
Savary . .	—	2 51 11,3	2 51 36,2
E. Bouvard .	2 50 47,8	2 51 6,8	2 51 26,8
Laugier . .	—	—	2 51 26,8
Plantamour	2 50 45,8	—	2 51 27,8
Mauvais . .	2 50 46,8	2 51 6,8	2 51 26,8

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	2h 58m 55,7s	—
Mathieu .	—	—	2 58 56,9
Savary .	2 58 48,9	2 58 51,9	2 58 55,9
E. Bouvard	2 58 45,8	2 58 51,8	2 58 56,8
Laugier . .	—	2 58 52,8	—
Plantamour	—	2 58 54,8	—
Mauvais .	—	2 58 52,8	—
Basil Hall .	—	2 58 54,5	—

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	3h 0m 50,2s	—
Mathieu .	3 0 39,6	—	3 0 54,6
Savary . .	3 0 38,6	—	3 0 55,5
E. Bouvard	3 0 37,8	3 0 45,8	3 0 52,8
Laugier .	—	3 0 48,8	—
Plantamour	—	3 0 48,8	—
Mauvais .	—	3 0 47,8	—
Basil Hall .	—	3 0 50,0	—

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand des Fleckens.	Mittelpunkt des Fleckens.	Zweiter Rand des Fleckens.
Arago . .	$3^h\ 6^m\ 54{,}1^s$	—	$3^h\ 7^m\ 13{,}7^s$
Mathieu .	3 6 50,6	—	3 7 1,6
Savary . .	—	3 6 55,7	—
E. Bouvard	3 6 51,8	—	3 7 10,8
Laugier . .	3 6 55,8	—	3 7 10,8
Plantamour	—	—	3 7 6,8
Mauvais .	3 6 52,8	—	3 7 11,8
Basil Hall .	3 6 53,8	—	—

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
E. Bouvard	$3^h\ 10^m\ 18{,}8^s$	—	$3^h\ 10^m\ 26{,}8^s$
Laugier .	—	3 10 24,8	—
Plantamour	—	3 10 24,8	—
Mauvais .	—	3 10 23,8	—
Basil Hall	—	3 10 24,8	—

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	$3^h\ 44^m\ 33{,}4^s$	—
E. Bouvard	3 44 18,4	3 44 29,4	3 44 41,4
Laugier .	—	3 44 35,4	—
Plantamour	—	3 44 36,4	—
Basil Hall .	—	3 44 38,8	—

Ende der Finsterniß.

Arago	$4^h\ 52^m\ 21{,}1^s$
Mathieu	4 52 21,4
Savary	4 52 21,4
E. Bouvard	4 52 22,8
Laugier	4 52 16,8
Plantamour	4 52 20,8
Mauvais	4 52 21,8
Basil Hall	4 52 21,5

Achtes Kapitel.

Intensität des atmosphärischen Lichtes.

Das von der Atmosphäre während der totalen Verfinsterungen reflectirte Licht scheint in Bezug auf seine Intensität durch die Größe der Sterne, die man mit bloßen Augen zu sehen vermag, ziemlich gut characterisirt zu werden. In einem Kapitel der populären Astronomie*) finden sich die zu verschiedenen Zeiten constatirten Thatsachen dieser Art zusammengestellt. Sehen wir, was die Beobachtungen von 1842 uns Besonderes über die Intensität des Lichtes gelehrt haben, das den Strich auf der Erde zu erhellen fortfuhr, wo die Sonne durch den Mond gänzlich verborgen war.

Diejenigen Personen, welche am 8. Juli 1842 in Perpignan der Aufsuchung von Sternen eine hinreichende Aufmerksamkeit zuwenden konnten, bemerkten mit bloßen Augen 4 bis 5. Am Ufer des Meeres sahen einige Leute 7, andere 10 Sterne. Nach den angegebenen Positionen scheint es nicht, als ob Mars einer der sichtbaren Sterne gewesen sei.

Pinaud und Boisgiraud sprechen von 4 bis 5 Sternen, die man in Narbonne während der totalen Verfinsterung am Zenith und im Westen wahrgenommen habe. Verschiedene Beobachter versicherten, deren bis 10 gezählt zu haben.

Die Leute aus Montpellier, welche Abbé Peytal fragte, wieviel Sterne sie wahrgenommen hätten, antworteten, die Zahl der mit bloßem Auge sichtbar gewesenen habe nicht 5 überstiegen.

Zu Digne erkannte Dien mit bloßen Augen Capella, β und ζ im Stier, und γ im Orion. Doch bedeckten Dünste einen großen Theil des Himmels.

Zu Lodi bemerkte Piolà während der totalen Verfinsterung: Mars, die beiden Sterne in den Zwillingen, Aldebaran, Capella und andere Sterne erster Größe (es wird nicht gesagt, welche).

---

*) 3. Bd. der populären Astronomie S. 458 u. 459.

Majocchi berichtet, daß man zu Novara während der totalen Finsterniß nur Mars, Capella und Aldebaran sah.

Der Beobachter in Venedig nennt unter den in dieser Stadt sichtbar gewesenen Sternen nur Capella und Aldebaran; es hätte sicherlich mehr Werth gehabt, wenn er die schwächsten angeführt hätte.

In Lodi konnte Piola mäßig große Schrift lesen, wenn das Buch so geneigt war, daß es durch das vom Horizonte kommende röthliche Licht beleuchtet wurde. Da, wo der Horizont durch Gebäude verdeckt war, mußte die Dunkelheit offenbar viel größer erscheinen.

Auf den Lagunen Venedigs bemerkten die Passagiere des Dampfbootes während der totalen Verfinsterung, daß die aus dem Schornsteine aufsteigende Rauchsäule nicht mehr sichtbar war. Die glühenden Kohlentheilchen, welche der Rauch mit fortriß, schienen isolirt und gewährten ein sehr schönes Schauspiel.

Ich glaube die Bewegungen gewisser Pflanzen während der Dauer der totalen Finsterniß zu denjenigen Phänomenen rechnen zu müssen, welche unter Umständen zu einer ziemlich angenäherten Schätzung der Intensität, welche damals das atmosphärische Licht besaß, führen können.

Zu Prades (Dep. der Ostpyrenäen) bemerkte der Apotheker Cauder, daß die Blätter der Acacia Julibrissin, die sich bereits geöffnet hatten, als die Finsterniß begann, sich während der totalen Verfinsterung wieder schlossen.

Professor Perego sah Convolvulus sich schließen; die Mimosen blieben geöffnet. Ebensolche Beobachtungen, deren Details ich aber nicht kenne, sind zu Parma gemacht worden.

In Venedig beobachteten im botanischen Garten die Obergärtner Ruchinger und sein Sohn mit angespannter Aufmerksamkeit während der Dauer der totalen Verfinsterung die verschiedenen Pflanzen, welche sich gegen Entziehung des Lichtes und jede Aenderung im hygrometrischen Zustande der Atmosphäre empfindlich zeigen; nahmen aber keinen Einfluß wahr.

Beeilen wir uns indeß hinzuzufügen, daß in Venedig die Dauer der Dunkelheit nicht einmal eine Minute betrug.

In Wien hatte eine Colutea sutherlandia frutescens ihre Blätter geschlossen (an den Mimosen bemerkte man keine Aenderung).

Nehmen wir jetzt an, daß man am 8. Juli um 6 Uhr Morgens zu Prades, Mailand und Wien nach einem den Physikern wohlbekannten Verfahren ermittelt hätte, welche Schwächung das atmosphärische Licht erleiden müsse, um die Blätter von Acacia Julibrissin, von Convolvulus und von Colutea innerhalb zweier Minuten zum Schließen zu bringen, während dieselbe Schwächung die Blätter der Mimosen offen ließ, so würde man zu einer wichtigen photometrischen Bestimmung gekommen sein. Wie die Sachen jetzt liegen, verdient der Versuch kaum ausgeführt zu werden. Denn mit Rücksicht auf Mauern, Häuser, Bäume und anderweite Gegenstände, welche am 8. Juli 1842 für die Pflanzen in Prades, Mailand und Wien den Dienst von Schirmen versehen konnten, weiß man nicht, welcher Bruchtheil der gesammten Atmosphäre diese Gewächse beleuchtete. Man wird ein anderes Mal sich besser vorzusehen haben.

Neuntes Kapitel.

Von dem aschfarbenen Lichte während der totalen Sonnenfinsternisse.

Das sogenannte aschfarbene Licht, d. h. das Licht, welches aus der Reflexion der Strahlen hervorgeht, die zuerst von der Sonne zur Erde, dann von der Erde zum Monde und endlich vom Monde zur Erde gesandt werden, erreicht am Tage der Conjunction der beiden Gestirne sein Maximum. Das Verhältniß des aschfarbenen Lichtes zum Lichte des Vollmondes läßt sich experimentell bestimmen; die Photometrie gewährt ebenfalls die Mittel, das Verhältniß des Lichtes des Vollmondes zum Lichte der Sonne zu finden. Eine einfache Division führt dann zu dem numerischen Verhältnisse zwischen dem Maximum des aschfarbenen Lichtes und dem Glanze der Sonne. Hätte man also am 8. Juli 1842 während der totalen Verfinsterung das Verhältniß des aschfarbenen Lichtes zu dem atmosphärischen Lichte bestimmen können, so würde man unmittelbar das Verhältniß dieses letzteren zum Sonnenlichte erhalten haben.

Am 8. Juli 1842 war das aschfarbene Licht durch das atmosphärische Licht vollständig ausgelöscht. Ungeachtet aller Sorgfalt gelang es uns nicht einen einzigen Flecken des Mondes zu unterscheiden; auf der Beobachtung der Flecken beruhte aber die projectirte Messung.

Wassenius war glücklicher als wir. Während der totalen Finsterniß von 1773 sah er in Gothenburg „die hauptsächlichsten Flecken des Mondes". Indeß war das 21füssige Fernrohr des schwedischen Astronomen sicherlich weniger stark, als die von uns angewandten. Wenn man also annähme, daß das aschfarbene Licht stets denselben Glanz hätte, so würde aus der Vergleichung der Beobachtungen von 1773 und 1842 folgen, daß bei totalen Finsternissen das atmosphärische Licht sehr veränderlich sein kann.

Piola erzählt, daß er am 8. Juli 1842, um seinen Augen ihre ganze Empfindlichkeit zu erhalten, die Vorsicht anwandte, dieselben einige Augenblicke vor der totalen Verfinsterung geschlossen zu halten; was ihm, als diese Phase eingetreten war, das aschfarbene Licht des Mondes wahrzunehmen gestattet habe.

Meines Erachtens ist diese Beobachtung nicht mit hinreichenden Details beschrieben worden. Hat Piola sagen wollen, daß die Mondscheibe ihm nicht vollständig dunkel erschien? Dies konnte nicht fehlen, denn die Atmosphäre, durch welche jene Scheibe beobachtet wurde, reflectirte Licht. Wenn aber Piola die Flecken auf dem Monde unterschied, so wäre es zweckmäßig gewesen, dies in unzweideutigen Ausdrücken zu erklären.

Zehntes Kapitel.

Gang des Thermometers während der Finsternisse.

Der Gang des Thermometers während des Fortschreitens der Finsterniß von 1842 erschien denjenigen eigenthümlich, die nicht beachteten, daß zwei veränderliche und einander vollständig entgegengesetzte Ursachen gleichzeitig auf das Instrument wirkten. Indem die Sonne allmälich höher über den Horizont stieg, wuchs einerseits ihre erwärmende Kraft immer mehr und mehr, verminderte sich aber andererseits

in dem Maaße, als der Mond durch sein Dazwischentreten einen immer größern und größern Theil des leuchtenden Gestirnes bedeckte: das Thermometer gab also die Differenz dieser beiden Wirkungen an. Da nach dem Ende der totalen Verfinsterung die Sonne immer noch stieg, und der sichtbare Theil ihrer Scheibe unaufhörlich an Größe zunahm, so wirkten beide Ursachen zur Vermehrung der Wärme und des Lichtes zusammen. Diese zweifache Bemerkung wird diejenigen leiten müssen, welche die während der Sonnenfinsternisse angestellten photometrischen und thermometrischen Beobachtungen im Einzelnen discutiren wollen.

Obwohl ich sehr gut wußte, daß isolirte thermometrische und photometrische Beobachtungen nicht wohl zu allgemeinen Resultaten führen können, obwohl eine lange Erfahrung mich gelehrt hatte, daß man Mittelwerthe anwenden muß, wenn man mit Nutzen die Erscheinungen interpretiren will, welche in einem so veränderlichen Medium, wie die Erdatmosphäre, vorgehen, so hatte ich mich 1842 doch mit den geeignetsten Instrumenten für Wärme- und Lichtmessungen versehen. Wir hatten in Perpignan eine reiche Sammlung von Thermometern und Photometern, deren sorgfältige Beobachtung während der ganzen Dauer der Finsterniß durch die Herrn Doctor Massot, Apotheker Farines und den Artilleriecapitain Julia gefälligst übernommen worden war. Ich habe auch meinen Dank abzustatten den Herren Lorenzo Prezas y Puig und Louis Balaguer, welche aus Barcelona gekommen waren, um sich mit uns zu verbinden.

Es kann mir nicht in den Sinn kommen, hier die langen Zahlenreihen mitzutheilen, in welchen die Resultate jener Arbeit aufgezeichnet sind. Ich werde mich begnügen anzuführen, daß die infolge der Finsterniß eintretende rückgängige Thermometeränderung weniger beträchtlich gefunden wurde, als der Eindruck der Kälte auf die Hände und das Gesicht hätte vermuthen lassen. Diese Aenderung im Schatten an frei in der Luft aufgehangenen Thermometern überstieg zu Perpignan nicht 3° C.

An den der Sonne ausgesetzten Thermometern fiel selbstverständlich die Aenderung viel größer aus; eines dieser Instrumente mit schwarzer Kugel, das sich in einer geschlossenen luftleeren Glaskugel befand, sank zwischen 5^h 10^m und 5^h 48^m um 8,7° C.; ein ähnliches

Thermometer mit gewöhnlicher gläserner Kugel sank zwischen 5^h 6^m und 5^h 40^m um $5,5^0$ C.

In Mailand betrug das Sinken des gewöhnlichen Thermometers $3,4^0$ C.

In Venedig $3,1^0$ C.

Auf dem Felde in der Nähe von Perpignan fiel nach der totalen Verfinsterung ein starker Thau; er sank in Tropfen von den Blättern herab.

Elftes Kapitel.

Scheinbare Farbe des Himmels, Aussehen der Gegenstände in den Augenblicken, welche der totalen Verfinsterung von 1842 vorhergingen und ihr folgten.

In Perpignan bemerkte Jaubert de Passa, Correspondent der Akademie der Wissenschaften, während der totalen Verfinsterung, daß sich am Horizonte über dem Meere ein breiter orangerother Streifen befand.

Pinaud und Boisgiraud bemerkten in Narbonne, daß in dem Maaße, als die Verfinsterung vorschritt, die Dunkelheit einen besondern Character annahm: „Es war, sagen sie, eine bleigraue und blasse Färbung, ein olivenfarbig grauer Schein, der über die Natur gleichsam einen Trauerschleier warf.“

In Montpellier hatte der Professor an der medicinischen Schule, Lordat, auf Petit's Bitte speciell die Beobachtungen in Bezug auf die Farbenänderungen übernommen. Diese Aenderungen begannen merklich zu werden von 5^h 48^m an. Die Gegenstände erschienen anfangs schwachgelblich; das Tageslicht ward blaß und bleifarben; in gewissen Stellungen hatten die menschlichen Gesichter ein leichenähnliches Ansehen.

In dem Berichte des Professors der höhern Mathematik an der Facultät der Wissenschaften zu Montpellier, Lenthéric, findet sich folgende Stelle:

„Kurz vor dem Beginn der totalen Verfinsterung war das Licht blei- und aschfarbig geworden, und gab dem Gesicht der Leute ein Aussehen, das ein unheimliches Gefühl hervorrief.“

D'Hombres-Firmas drückt sich folgendermaßen aus:

„Als drei Viertel der Sonne bedeckt waren, erschienen die Blumen, die röthlichen Stoffe und besonders die menschlichen Gesichter blasser, und nahmen sogar eine Olivenfarbe an."

Beau, der zu Digne auf Eugen Bouvard's Bitte mit großer Sorgfalt die Farbenänderungen des Sonnenlichts, der Atmosphäre und der Luft der Thäler verfolgte, hat von diesem Phänomene eine ausführliche Beschreibung geliefert. Leider blieb während eines Theils vom Morgen des 8. Juli die Sonne von ziemlich dicken Dünsten, welche blos die rothen Strahlen durchließen, bedeckt.

Später als die Dünste sich zerstreut hatten, nahm das Sonnenlicht seine gewöhnliche weiße Farbe wieder an. Um $5^h 44^m$ zog es ins Gelbliche, dann ins Orange und endlich waren wenige Minuten vor der vollständigen Bedeckung die letzten Strahlen röthlich.

„Die vollständige Dunkelheit, sagt Beau, hatte die Farbe von Weinhefen. Dieser Ausdruck gibt noch am besten die eigenthümliche gleichförmige Färbung wieder, in welche alle Gegenstände eingehüllt schienen. Als ich eine Gruppe von Personen, welche um Bouvard standen, betrachtete, erschienen mir ihre Gesichter bleich und gleichsam grünlich; man würde gesagt haben, einigermaßen ähnlich der eigenthümlichen Färbung, welche die Gesichter beim Beleuchten durch eine mit Kochsalz getränkte Weingeistflamme annehmen. Bouvard, den ich specieller betrachtete, sah im buchstäblichen Sinne olivengrün aus; es ist dies ein Eindruck, den ich immer vor Augen haben werde."

In Italien bemerkten die meisten Beobachter, daß in den Augenblicken, welche dem vollständigen Verschwinden der Sonne vorangingen, die Gegenstände eine olivengrüne Färbung annahmen und dann allmälich nach Einigen ins Saffranfarbige, nach Anderen ins Violette übergingen.

Der Beobachter in Cremona, der in dieser Stadt die verschiedenen Phasen der Verfinsterung beobachtete, erzählt, daß ihm Alles wie durch ein bengalisches Feuer beleuchtet erschienen sei.

In Mailand erschien die ungeheure Ebene, welche sich vor den im Lyceum St. Alexander versammelten Beobachtern ausdehnte, mit einer grünlichen Farbe bedeckt.

Majocchi erzählt, daß zu Novara während der totalen Verfinste-

rung der Himmel von 50° Höhe bis zum Horizonte eine Rosafarbe zeigte, als ob in diesem Augenblicke ein Nordlicht vorhanden gewesen.

In Lodi sah zur Zeit der totalen Verfinsterung Piola am Horizonte nach Norden und nach Süden hin einen Gürtel von 15° bis 20° Höhe, dessen Farbe dem des frischen Kupfers glich. Höher hinauf war der Himmel ohne irgend eine Abstufung von einer tief dunklen violetten Azurfarbe. Diese letztere Farbe wurde von den Wassern des Po und des Leccosees reflectirt und ertheilte ihnen ein bleifarbenes Aussehen, welches Schrecken einflößte.

Diese Beobachtungen zeigen untereinander wesentliche Differenzen; indeß dürften die mit den Fortschritten der Optik Vertrauten keine größere Uebereinstimmung zwischen den Resultaten erwartet haben.

Die atmosphärischen Umstände sind nicht die einzigen Ursachen gewesen, welche Verschiedenheiten in den Urtheilen veranlassen konnten; die innern Eigenschaften der Augen der Beobachter werden einen guten Theil dazu beigetragen haben.

Für die meisten Menschen ist sicherlich Nichts unähnlicher, als die Farbe der Rosen und die der Blätter des Rosenstocks, als die Farbe der reifen Kirschen und die der Blätter des Kirschbaums u. s. w. Dennoch findet man Leute, welche die genannten Blumen und Früchte von den umgebenden Blättern nur durch die Gestalt unterscheiden. Zwischen den gewöhnlichen Augen und den sehr seltenen exceptionellen Augen, denen Roth und Grün gleich erscheint, gibt es verschiedene Grade. Sorgfältig discutirte Beobachtungen über Farben würden sicherlich den Beweis davon liefern; es existirt aber ein noch einfacheres Mittel den Zweck zu erreichen.

Dies Mittel besteht für einen beliebigen Beobachter darin, auf den einen Augapfel einen gewissen Druck in der Richtung von unten nach oben auszuüben. Augenblicklich erscheinen die Gegenstände doppelt; man sieht dann z. B. zwei Bilder einer Kerzenflamme. Wenige Personen finden nun diese Bilder genau gleich. Wenn ein Naturhistoriker oder ein Astronom den Versuch macht, so ist das Bild, welches dem Auge entspricht, das er gewöhnlich benutzt röthlicher als das andere.

Sobald man die Ueberzeugung gewonnen hat, daß die beiden

Augen eines und desselben Beobachters mit der Zeit dahin kommen können, die leuchtenden Objecte sehr verschieden zu sehen, ist wohl nicht in Abrede zu stellen, daß ähnliche Unterschiede zwischen den Augen verschiedener Personen existiren können.

Ist dies einmal zugegeben, so wird Jeder einsehen, wie überflüssig es sein würde, eine umständliche Discussion der verschiedenen zuvor aufgezählten Resultate vorzunehmen. Diese Resultate ermangeln übrigens in gewissen Beziehungen der Genauigkeit. So hat man nicht bestimmt die Farbe der Atmosphäre von der Farbe der irdischen Gegenstände, welche von allen Regionen dieser Atmosphäre beleuchtet wurden, unterschieden; man hat ferner ebenso wenig gesagt, ob, wenn die menschlichen Gesichter leichenhaft grün erschienen, diese Trauerfarbe nicht hauptsächlich durch Contrastwirkung entstanden war, indem die Gesichter sich damals zufällig auf eine jener atmosphärischen Zonen in der Nähe des Horizonts projicirten, in denen nach Piola's Ausdrucke eine kupferrothe Färbung herrschte. Die Hauptsache ist also, festzustellen, daß die Atmosphäre z. B. in der Nähe des Zeniths ihre Färbung schwach ändern, daß sie sogar von Azurblau in dunkles Grün übergehen könne, ohne daß wir dazu der Annahme bedürfen, Rand und Mittelpunkt der Sonne sendeten wenigstens in Bezug auf die Färbung einander unähnliche Strahlen aus. In der populären Astronomie*) habe ich eine vollständige Lösung der hier gestellten Frage gegeben, indem ich außerdem auch die bei Gelegenheit anderer Finsternisse über die Farbenänderung irdischer Objecte gemachten Beobachtungen berücksichtigte.

Zwölftes Kapitel.

Ueber die leuchtende Corona, womit der Mond während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinsterniß von 1842 umgeben erschien.

§. 1. Form dieser Corona im Allgemeinen.

Die leuchtende Corona, worüber Halley, Louville, Ulloa, Ferrer u. A. in den Jahren 1715, 1778 und 1806 so umständlich sprachen,

*) Bd. 3, S. 460. ff.

zeigte sich 1842 in ihrem vollen Glanze; sie bestand aus einer kreisförmigen Zone, welche an den dunkeln Mondrand grenzte, und einer zweiten weniger lebhaften, welche die erste umgab.*)

Das Licht dieser zweiten Zone oder Hülle stufte sich allmälich von innen nach außen ab; das der ersten war fast gleichförmig; doch glaubte Baily zu bemerken, daß es in der Nähe des Mondes stärker glänzte, als an seiner andern Grenze.

Wie dem auch sein möge, die Helligkeiten der beiden concentrischen aneinandergrenzenden Zonen waren verschieden genug, um die von uns angenommene Unterscheidung zu rechtfertigen.

In der Richtung der Linie, welche die beiden Punkte der Sonnenscheibe verband, wo die Verfinsterung derselben begann und wo sie aufhörte, lagen zwei beträchtliche Lichtausbreitungen, zwei große Strahlenbüschel der leuchtenden Corona. In Frankreich sind diese Büschel fast überall, aber mit etwas verschiedenen Gestalten gesehen worden.

In Perpignan schien es Mauvais, als ob jeder dieser beiden Büschel von den beiden Zweigen einer Parabel begrenzt wäre, deren Scheitel auf dem Rande des Mondes lag; vom Berührungspunkte aus erweiterten sie sich also.

Der Marineoffizier Selva bemerkte neben uns ebenfalls, daß die beiden Ausbreitungen der Corona, welche die Richtung der den Ein- und Austrittspunkt verbindenden Graden hatten, durch krumme, den Zweigen einer Parabel ähnliche Linien begrenzt waren.

Wahrhaft seltsam ist es, daß eben diese Verlängerungen von gebildeten Leuten in Perpignan mit spitzen Enden dargestellt worden sind.

Worin kann der Grund solcher Unterschiede zwischen Beobachtungen an einem und demselben Orte liegen? Darin, daß die Figuren wahrscheinlich nicht in demselben Augenblicke gezeichnet worden sind,

---

*) Nach Piola schien die Corona in Italien aus zwei concentrischen leuchtenden Ringen, die durch einen sehr schmalen dunkeln Ring getrennt waren, zu bestehen. Piola's Beobachtung würde von theoretischem Gesichtspunkte aus eine außerordentliche Wichtigkeit haben; indeß habe ich nicht gehört, daß außer Piola irgend einer der zahlreichen Beobachter der Finsterniß den von dem italienischen Astronomen angegebenen dunkeln Ring wahrgenommen hätte.

und besonders darin, daß die Einen wieder gegeben haben, was sie mit bloßen Augen sahen, während die Andern mehr oder weniger vergrößernde Fernröhre anwandten. Ich glaube, daß wenn man ebenso in der Eile mit andern schlecht begrenzten Objecten, z. B. mit gewissen Wolken verführe, die mit bloßen Augen gemachten Abbildungen merklich von denen abweichen dürften, die man mittelst eines vergrößernden Instrumentes erhalten haben würde.

In Narbonne sahen Pinaud und Boisgiraud im Südosten der Mondscheibe „eine schöne Garbe krummliniger divergirender Strahlen, deren zwei äußerste zwischen ihren entgegengesetzten Krümmungen einen Raum einschlossen, wo das Licht eine geringere Intensität hatte als in der ganzen übrigen Corona. . . . Im Nordwesten erschien ein breiter Kegel leuchtender convergirender Strahlen von größerer Helligkeit als die umgebenden Theile."

In Montpellier beobachtete Petit einen Augenblick lang vier solche Ausbreitungen der Corona, die wir auch Strahlenbüschel genannt haben; zwei standen einander diametral gegenüber, und zwar lag der eine oben und der andere unten, in der Richtung von Nordwest nach Südost. Die Richtung der beiden andern fiel fast mit der Richtung von Nordost nach Südwest zusammen.

In der Zeichnung des Marineeleven erster Klasse, Méryon, die Bérard mir als getreue Abbildung der Erscheinung, so wie sie sich in Toulon zeigte, zugesandt hat, würde man zwei Bilder des Zodiacallichtes, ein aufrechtes und ein umgekehrtes zu sehen glauben.

Die Zeichnung des Professors Flaugergues zu Toulon gleicht der von Méryon im untern Theile; am andern Ende ist der Strahlenbüschel der Corona viel weiter nach rechts gezeichnet; endlich sieht man in der Verlängerung der Verticalen, welche durch den höchsten Punkt der Mondscheibe geht, einen dritten Strahlenbüschel, von welchem die Zeichnung des Marineeleven keine Spur enthält.

Neben Flaugergues zeichnete der Professor der Befestigungskunst an der Seeartillerieschule ebenfalls drei Strahlenbüschel; die beiden obern waren aber weniger isolirt, weniger von einander getrennt. Man bemerkt, besonders wenn man die relativen Lagen der drei Strahlen-

büschel vergleicht, ebenfalls wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Figuren.

Airy und Baily sahen in Superga und in Pavia keine Unterbrechung in der Regelmäßigkeit der Corona; die von ihnen gegebenen Darstellungen der Erscheinung zeigen von dem, was wir Lichtausbreitungen, Strahlenbüschel genannt haben, keine Spur. Die Abhandlungen der beiden englischen Astronomen enthalten nicht ein Wort, woraus man schließen könnte, daß auf den beiden erwähnten Stationen im Nordwesten und Südosten, im Nordosten und Südwesten des Mondes bemerkenswerthe optische Eigenthümlichkeiten beobachtet worden wären. Die Corona „zeigte außen, sagt Baily, nirgends den bestimmten Umriß eines Ringes." In dieser Beziehung verhielt sich aber der obere und untere, der rechte und linke, so wie alle übrigen Punkte des Umfangs genau gleich.

Es scheint schwierig, die zuvor angeführten Unterschiede im Aussehen zu erklären, wenn man annimmt, daß die Corona eine materielle Atmosphäre ist, welche in dem Raume um die Sonne oder den Mond existirt. Hätte nicht eine gasförmige Masse, welche die Sonne umgab, auf der ganzen Erde mit derselben Form, in derselben Größe und Lage erscheinen müssen? In dem kurzen Zeitraume einer oder zweier Minuten in größter Hast angestellte Beobachtungen konnten sicherlich mit merklichen Fehlern behaftet sein; sollte man aber auf Rechnung solcher Fehler den so wesentlichen Unterschied setzen dürfen, den wir zwischen den Beobachtungen der Corona in Perpignan, Narbonne, Montpellier, Toulon und denen in Superga und Turin gefunden haben? Was ist der Grund, der das, was in Frankreich so hervortrat, in Italien unsichtbar gemacht hat?*)

---

*) Seitdem dies geschrieben, habe ich erfahren, daß zwei beträchtliche Strahlenbüschel in Mailand von Picozzi wahrgenommen worden sind. Majocchi hat sie in einer vor mir liegenden Brochure mit folgenden Worten beschrieben:

„Vom obern Theile (des Ringes) erhob sich eine breite Ausstrahlung, die nach rechts aufsteigend sich so beugte, daß ihre verlängerten Strahlen, anstatt den Mittelpunkt des Mondes zu treffen, ein Drittel der Scheibe dieses Gestirns nach links würden abgeschnitten haben. Eine andere, der vorhergehenden ähnliche und in ihrer Verlängerung liegende Ausstrahlung erschien am untern Rande, nach links sich neigend."

Ich habe geglaubt, diese Frage sehr hervorheben zu müssen; dies war der Hauptzweck der ausgedehnten Entwickelungen, welche ich diesem Paragraphen gegeben habe.

§ 2. Von der Lage der divergirenden Strahlen der Corona.

In Perpignan schienen die divergirenden Strahlen, welche der Corona das Ansehen der Glorie eines Heiligen verliehen, von dem äußern Rande der ersten kreisförmigen Zone auszugehen. Keiner dieser Strahlen verlängerte sich durch diese Zone hindurch bis zum dunklen Rande des Mondes.

Dieselbe Bemerkung ist in Montpellier gemacht worden. Petit und Roche sagen in ihren handschriftlichen Berichten, daß die Strahlen, von außen nach innen gehend, ungefähr in der Mitte des ganzen Ringes, d. h. an dem äußern Umfange des kleinern Ringes aufhörten.

In seiner Abhandlung von 1806 setzte Ferrer den Ursprung der divergirenden Strahlen an den äußern Umfang der größten der beiden concentrischen Zonen. Die Zeichnung stellt keinen dieser Strahlen so dar, daß er durch die Ringe hindurchgehend den Rand des Mondes erreicht.

Beim Untersuchen der Strahlenkrone mit freiem Auge erkannte ich ein wenig links von der Verticalen, welche durch den höchsten Punkt des Mondes ging, deutlich einen breiten leuchtenden Flecken, der von verschlungenen Strahlen gebildet ward. Ich werde von diesem ungewöhnlichen Aussehen eine ziemlich richtige Vorstellung geben, wenn ich es mit einem in Unordnung gerathenen, und verwirrten Garnsträhne vergleicht.

Abbé Peytal in Montpellier untersuchte mit vorzüglicher Aufmerksamkeit die leuchtenden Strahlen, aus denen die Corona bestand, besonders auf der linken Seite; „diese Strahlen, sagt er, schienen verschlungen, wie ein Pack Hanfhede.“ Nach der von Peytal entworfenen Figur waren diese Strahlen im Ganzen genommen fast parallel mit dem Rande des Mondes.

Nach einem handschriftlichen Berichte, worin der Geniecapitän

---

Mailand ist also in die allgemeine Regel eingetreten; dies macht aber die Ausnahme von Pavia nur noch auffallender.

Mayette seine zu Perpignan gemachten Beobachtungen aufgezeichnet hat, bemerkt man unter den divergirenden Strahlen, welche vom Umfange der Corona ausgehend sich in den Raum verlieren, viele, die auf diesem Umfange nicht senkrecht waren. Diese Strahlen würden in ihrer Verlängerung weder durch den Mittelpunkt des Mondes, noch durch den Mittelpunkt der Sonne gegangen sein.

Dalbiez in Perpignan hat mir eine sehr gut ausgeführte Zeichnung der Corona zugesandt, in der man viele Strahlen bemerkt, deren Verlängerungen, weit entfernt durch den Mittelpunkt des Mondes zu gehen, vielmehr zu dem Rande tangentiell sind.

Endlich bemerke ich in einer Abbildung, die ich der Gefälligkeit eines jungen sehr unterrichteten Naturforschers, Vilaséca, verdanke, deutlich angegebene krummlinige Strahlen.

Krummlinige Strahlen, verschlungene Strahlen, Strahlen, welche Tangenten am Mondrande bilden, Strahlen, die nicht von den centralen Regionen der leuchtenden Corona ausgehen, das sind die harten Proben, welchen die Erklärungen der Erscheinung von jetzt an werden genügen müssen. Vor solchen Thatsachen können die falschen Theorieen nicht einen Augenblick bestehen.

§ 3. Welches war die Winkelbreite jedes der Theile der Strahlenkrone? Fiel ihr Mittelpunkt mit dem des Mondes oder der Sonne zusammen?

Als ich vor der Finsterniß von 1842 die oben im 6. Kapitel S. 125 wiederholten Betrachtungen und Vorschläge veröffentlichte, hatte ich gehofft, es würde den Astronomen, wenn sie einmal darauf aufmerksam gemacht wären, gelingen, durch ihre Beobachtungen zu entscheiden, ob die leuchtende Corona mit der Sonne oder mit dem Monde concentrisch ist. Hatte die sichtbare Corona während der ganzen Dauer der totalen Verfinsterung in aller Strenge das Centrum des Mondes zum Mittelpunkte, so konnte eine Atmosphäre der Sonne keine genügende Erklärung der Erscheinung mehr liefern. Diese einzige Bemerkung zeigt die hohe Wichtigkeit der empfohlenen Untersuchung. Unglücklicher Weise ist die Beobachtung nicht mit der nöthigen Genauigkeit ausführbar gewesen. So zeigten, wie ich schon gesagt habe, die äußern Ränder der

Strahlenkrone sich sehr wenig scharf, und in den meisten Richtungen gingen auf beträchtliche Abstände so verwaschene Lichtstreifen davon aus, daß jede mikrometrische Messung fast unmöglich wurde. Wenn nun eine so große Unsicherheit über den Messungen schwebt, ist es dann erlaubt, auf bloße Schätzungen viel Werth zu legen? Wie dem auch sein möge, ich wollte zugleich die Schätzungen und die Messungen anführen, fand mich aber oft gehindert durch die Unmöglichkeit anzugeben, ob die Beobachtungen sich auf die Dimensionen der größten der beiden Zonen oder nur auf die der innern bezogen.

In Perpignan benutzte der Marineofficier Selva einen Gambey'schen Spiegelkreis, den ich ihm anvertraut hatte, zur Bestimmung der Breite der innern leuchtenden Corona. Er fand diese Breite während der ganzen Dauer der Finsterniß im Westen und im Osten unveränderlich zu 3 Minuten.

Laugier bediente sich zur Messung der Strahlenkrone eines getheilten Glases, das ich in einem Fernrohre mit sehr schwacher Vergrößerung hatte anbringen lassen. Es schien ihm der Abstand vom Rande des Mondes bis zum äußern Rande des zweiten leuchtenden Ringes 10 Minuten zu betragen.

Mauvais wandte ein in quadratische Felder getheiltes Glas an; seine Beobachtung erstreckte sich aber ausschließlich auf die innere leuchtende Zone, auf die Zone mit gleichförmigem Glanze. Das Resultat war um eine Minute geringer, als das von Selva erhaltene.

Mittelst eines ähnlichen Mikrometers fand Petit in Montpellier für die Winkelbreite der beiden Zonen, der beiden concentrischen Ringe 8′45″.

In Toulon fand der Marineofficier Regnaud mittelst eines Reflexionskreises nur 2 Minuten für die Winkelbreite der innern Corona.

Baily legte nach Schätzung beiden Coronen zusammen, vom Rande des Mondes aus gerechnet, eine dem Halbmesser dieses Gestirns gleiche Breite, also eine Breite von 16 Minuten bei.

Airy veranschlagte nach Schätzung die Breite der (innern?) Corona auf den achten Theil des Monddurchmessers, d. h. auf eine Winkelgröße von ungefähr 4 Minuten.

Zu Lipesk betrug nach Otto Struve und Schidlofsky die Breite

der Corona vom Rande des Mondes bis zum äußern Umfange, von dem nach allen Richtungen*) lange Strahlen ausgingen, 25 Minuten.

In Perpignan hatten nach Mauvais die längsten Strahlen, welche die Glorien bildeten, vom dunkeln Rande des Mondes aus gerechnet, eine dem Durchmesser dieses Gestirns gleiche Länge, also eine Länge von ungefähr 33 Minuten.

In Toulon bemerkte Flaugergues drei Strahlenbüschel, „deren Spitzen, wie er sagt, auf einem Kreise von ungefähr $3^1/_2$ Graden (im Durchmesser) lagen." Der Winkelabstand dieser Spitzen vom Rande des Mondes betrug also ungefähr $1^1/_2{}^0$.

In Lipesk sahen Otto Struve und Schidlofsky Strahlenbüschel, die vom Rande des Mondes aus gerechnet 3 und selbst 4 Grade lang waren.

In der populären Astronomie (Bd. 3, S. 479) habe ich die Erklärung besprochen, die man von der leuchtenden Corona geben zu können geglaubt hat, indem man sie im Anschluß an einen von den Astronomen La Hire und de l'Isle im dunklen Zimmer angestellten Versuch einer Wirkung der Beugung zuschrieb. Ich habe gezeigt, daß diese Theorie unzureichend war, daß sie von den leuchtenden Strahlen der Corona, die nach dem Rande und nicht nach dem Centrum der beiden Gestirne gerichtet sind, daß sie von den verschlungenen Strahlen, von den gekrümmten Strahlenbüscheln, und von den glänzenden Büscheln, die von gewissen Punkten ausgehend sich auf 3 und selbst 4 Grade vom Rande des Mondes erstrecken, während an andern Punkten keine Spur davon vorhanden ist, keine Rechenschaft gibt.

Diese Bemerkungen werden nicht überflüssig erscheinen, wenn man bedenkt, daß eine Theorie nur in die Wissenschaft aufgenommen werden darf, nachdem sie den Erscheinungen bis in die kleinsten Details genügt hat. Wie ich in der populären Astronomie gesagt habe, ist es möglich, daß das weißliche Licht der Corona aus der Vereinigung des aus einer durchsichtigen die Photosphäre der Sonne umgebenden Atmosphäre kommenden Lichtes mit dem Lichte einer künstlichen durch

*) Vergl. die Anmerkg. 5 im 3. Bde. der populären Astronomie S. 497.
Anmerkg. d. d. Ausg.

Beugung gebildeten Corona hervorgeht. Die Frage wird wahrscheinlich durch sorgfältig angestellte Polarisationsbeobachtungen gelöst werden können.

§ 4. Beschaffenheit des Lichtes der Corona.

In Perpignan fand Laugier die Corona im Fernrohre etwas gelblich; mit freiem Auge erschien sie ihm weiß.

Mauvais hielt die Farbe für schwach gelblich. Man muß bemerken, daß sie sich auf einen Himmel projicirte, dessen Nuance durch Contrast etwas zu dieser Färbung beitragen konnte.

Pinaud und Boisgiraud versichern, daß zu Narbonne das Licht der Corona durchaus nicht gefärbt erschien.

Flaugergues theilt diese Ansicht; er gibt zu Toulon die Farbe milchweiß an.

Nach Baily war die Corona zu Pavia vollkommen weiß (quite white).

Piola sah sie pagliarina, strohfarben.

Professor Majocchi in Mailand characterisirt eben dies Licht mit folgenden Worten: „Sie war weiß mit einem Anfluge vom Gelblichen (giallognolo).“

In Lipesk, wo die Corona sich mit einer außerordentlichen Intensität, mit einem blendenden Glanze zeigte, fanden Struve und Schidlofsky ihre Farbe vollkommen weiß.

Fusinieri aus Vicenza zerlegte durch ein Glasprisma das Licht der Mondcorona; er versichert, daß in dem aus dieser Zerlegung hervorgehenden Spectrum das Grün gefehlt habe, daß der Platz, welchen diese Farbe gewöhnlich einnimmt, ganz und gar dunkel gewesen sei.

Zu Montpellier behaupteten mehrere Personen, daß die Corona nicht fest gestanden, sondern sich ähnlich wie die Sonnen der Feuerwerke um ihren Mittelpunkt gedreht habe.

Roche bemerkte einen Theil dieser Wirkung; er schreibt sie einer Aenderung der Lage zu, welche die zur Bildung der Glorie beitragenden Strahlen ausschließlich erlitten hätten.

In einer von Professor Lenthéric veröffentlichten Brochure steht: „Die Corona schien einigen Personen eine kreisförmige Bewegung zu

haben, ähnlich der eines um seinen Mittelpunkt rotirenden brennenden Feuerwerks, wie dies Antonio Ulloa bei der Finsterniß von 1778 wahrnahm."

Nach Baily schienen die leuchtenden Strahlen, welche die Corona bildeten, lebhaft wie die einer Glasflamme zu flackern (flicker).

Zu Lipesk in Rußland änderte sich nach Otto Struve's und Schidlofsky's Angabe das Aussehen der Corona unaufhörlich; sie schien in einem Zustande sehr heftiger Bewegung.

§ 5. Intensität des Lichtes der Krone.

Die Astronomen waren im Allgemeinen übereingekommen, ihre Aufmerksamkeit solchen Beobachtungen zuzuwenden, welche zu einer genauen Schätzung der Lichtstärke der leuchtenden Corona führen zu müssen schienen. Besonders die italienischen Gelehrten, welche des Vortheils genossen, ohne ihren Wohnort zu verlassen, die totale Finsterniß von 1842 beobachten zu können, hatten in dieser Beziehung mannichfache sinnreiche Vorrichtungen getroffen. Ich will hier die Resultate anführen, welche zu meiner Kenntniß gekommen sind, selbst diejenigen, in denen die Intensität der Corona sich blos implicite als eine Unbekannte findet, welche man nur schwierig würde entwickeln und ihrem numerischen Werthe nach bestimmen können.

Viele Beobachter stimmen in der Angabe überein, daß die Corona in der Helligkeit sich änderte; sie behaupten, daß in den ersten Augenblicken der totalen Verfinsterung das Maximum des Glanzes um die Punkte der Mondscheibe wahrgenommen wurde, wo die Sonne verschwunden war. Zu Ende derselben fand sich dagegen dies Maximum nach der entgegengesetzten Region, wo die Sonne hervortreten mußte, verlegt. Als Gewährmänner für diese wichtige Bemerkung haben wir: Littrow in Wien, Piola in Mailand u. A.

An verschiedenen Orten zeigte sich die Corona mit so verschiedenen Intensitäten, daß man die Unterschiede wohl nicht durch die mehr oder weniger große Durchsichtigkeit der Luft würde erklären können, wenigstens wenn man nicht dem Lichte dieser geheimnißvollen Lichtstrahlung besondere Eigenschaften beilegte. Wer die Beobachtungen in Frankreich, Italien und Deutschland mit denen vergleichen will, welche Otto

Struve und Schidlofsky berichtet haben, wird, glaube ich, die Richtigkeit meiner Bemerkung erkennen.

In Perpignan, Mailand und Wien glich das Licht der Corona in seiner Färbung und Helligkeit dem Lichte des Mondes. Vergleichen wir dies Resultat mit den Beobachtungen zu Lipesk im Gouvernement Tambow (52° 36′ 43′ n. Br., $2^h 29^m 1^s$ östl. von Paris).

„Die Corona hatte einen solchen Glanz, daß man mit bloßen Augen ihren Anblick kaum auszuhalten vermochte.

„Von dieser außerordentlichen Intensität betroffen, gingen unterrichtete Leute sogar soweit, zu behaupten, daß die Sonne nicht völlig verschwunden, daß der innere Ring der Corona ein integrirender Theil ihrer Scheibe gewesen sei!"

Im Augenblicke der totalen Verfinsterung stand die Sonne zu Lipesk 29° 20′ höher über dem Horizonte als zu Perpignan (11° 59′ und 41° 19′). Sollte diese Höhendifferenz hinreichen, um die außerordenliche Intensität der Strahlenkrone zu Lipesk zu erklären?

Während einer Sonnenfinsterniß ist die Intensität des atmosphärischen Lichtes an einem gegebenen Orte in jedem Augenblicke der Größe des sichtbaren Theils dieses Gestirns proportional, soweit wenigstens, als dies Licht von einer einzigen Reflexion an den Luftmolecülen herrührt. Wenn die Corona vor der gänzlichen Bedeckung der Sonne bemerkt wird, so kann man aus dem zwischen dem Momente dieses Sichtbarwerdens der Corona und dem Augenblicke des Verschwindens der Sonnenscheibe liegenden Zeitraume den Theil dieser Scheibe berechnen, der, wenn er unbedeckt bleibt, das Wahrnehmen der Corona nicht hindert. Werden die Resultate dieser Rechnungen mit gewissen photometrischen Angaben combinirt, so führen sie zu der Kenntniß des Verhältnisses zwischen den Intensitäten des Lichtes der Corona und des Lichtes der durch die ganze Sonne erleuchteten Atmosphäre. Diese Betrachtungen werden den Nutzen der Beobachtungen, die ich jetzt berichten will, würdigen lassen.

In Montpellier nahm Petit das weißliche Licht der Corona 5 bis 6 Secunden vor dem vollständigen Verschwinden der Sonne wahr; Roche, ein junger sehr unterrichteter Beobachter, machte dieselbe Bemerkung.

In Salon, wohin sich Largeteau begeben hatte, wurde die Strahlenkrone 4 bis 5 Secunden vor dem Momente der totalen Verfinsterung sichtbar.

Valz hat mir aus Marseille geschrieben, daß die Corona noch einige Secunden nach dem Wiedererscheinen der Sonne sichtbar war.

In der ganzen Reihe der in Bezug auf den Augenblick des Erscheinens der Corona gemachten Beobachtungen, dürfte meines Erachtens die folgende von d'Hombres-Firmas angestellte die erste Stelle einnehmen.

D'Hombres-Firmas war in Alais; in dieser Stadt wurde die Finsterniß nicht total, und doch sah man die Corona. Nun ist aber nichts leichter als zu bestimmen, welches Segment der Sonne im Augenblicke der größten Verfinsterung in Alais unbedeckt blieb, welches Segment der Sonne also die Strahlenkrone nicht unsichtbar machte. Der gelehrte Correspondent des Instituts sagt:

„Jedermann bemerkte den Kreis von blassem Lichte, welcher den Mond umgab, als er die Sonne fast ganz bedeckte."

Aus der von Francis Baily veröffentlichten Abhandlung geht klar hervor, daß in Pavia die Corona sich eine gewisse Zeit vor dem vollständigen Verschwinden der Sonne zeigte. Nach Baily's Schätzung trat die totale Verfinsterung nur 3 bis 4 Secunden nach dem Erscheinen der Corona ein.

Ich lasse hier eine Stelle aus den Beobachtungen folgen, welche Airy, dem Director der greenwicher Sternwarte, von einer Person mitgetheilt worden sind, die ihn nach Superga in der Nähe von Turin begleitet hatte. Bin ich recht unterrichtet, so war es Airy's Frau. Ich habe es vorgezogen, eine Indiscretion zu begehen, um der Beobachtung mehr Gewicht zu geben:

„Ein glänzender Lichtstreifen schien sich vor dem Verschwinden der Sonne um die rechte Seite des Mondes zu bilden; der Ring war aber damals nicht vollständig. Im Augenblicke der totalen Verfinsterung vereinigten sich plötzlich die beiden Enden dieses Anfangs eines Ringes, und der ganze Ring war auf diese Weise gebildet. Er war glänzender auf der linken Seite; es schienen Strahlen daraus hervorzuschießen."

In Mailand bemerkten Majocchi, Sacchi nnd Picozzi die Corona

einige Secunden vor dem Anfange der totalen Verfinsterung in der Gegend des obern westlichen Punktes, wo die erste Berührung der beiden Gestirne eingetreten war; es blieben einige Secunden nach dem Austritte noch Spuren derselben sichtbar, dies Mal aber auf der entgegengesetzten Seite, d. h. in der Gegend um einen untern östlichen Punkt.

Zur Bestimmung der absoluten Intensität des Lichtes der Corona schien es auf den ersten Blick kein directeres und empfindlicheres Mittel geben zu können, als photographische Versuche; solche Versuche hätten aber unter Bedingungen ausgeführt werden müssen, deren genügende Erfüllung die Kürze der disponiblen Zeit und andere Umstände nicht gestatten würden.

So erhielt Cauvy aus Montpellier kein wahrnehmbares Bild der Corona, selbst nicht auf einer bromirten Platte. Ich füge aber sogleich hinzu, daß der Versuch nicht mit einem durch eine große Lichtcondensation im Brennpunkte eines Objectivs gebildeten, sondern mit dem durch eine Art Megaskop erzeugten vergrößerten Bilde angestellt wurde.*)

In Mailand concentrirten Carlo dell'Acqua und Giambattista Cabiati mittelst einer Linse zwei Minuten lang das Licht der Corona auf eine bromirte Platte, jedoch ohne eine wahrnehmbare Wirkung zu erhalten.

Es ist zu bedauern, daß die Dimensionen der Linse nicht angegeben worden sind; denn Jeder weiß, daß man mittelst hinreichend starker Verdichtungen Bilder vom Monde erhalten hat. Niemanden wird es übrigens entgehen, daß man bei den in Mailand angestellten Versuchen gleichzeitig mit dem Lichte des Mondes und den aus der Atmosphäre kommenden Strahlen, welche, um auf die Linse zu gelangen, genau dieselbe Richtung verfolgten, experimentirte.

In einem Artikel des Doctor Magrini, der in der Gazzetta privilegiata di Milano Sonnabend den 9. Juli erschienen ist, wird angegeben, daß das im Brennpunkte eines reflectirenden Hohlspiegels condensirte Licht der Corona das Thermoskop daselbst beträchtlich steigen ließ. Wurde

*) Cauvy erhielt sehr interessante Resultate als er die photographischen Bilder, welche durch dem Rande mehr oder weniger nahe liegende Theile der Sonne erzeugt waren, mit einander verglich.

der Reflector gegen den Vollmond gerichtet, so zeigte die Blase eben desselben Instrumentes keine wahrnehmbare Ortsveränderung.

Dieser Versuch ist nicht ausführlich genug angegeben. Der Verfasser sagt nicht, von welcher Art das angewandte Thermoskop war. Falls das Instrument zwei Kugeln hatte, so wissen wir nicht, welche Stellung die zweite Kugel einnahm; befand sie sich innerhalb oder außerhalb der Concavität des Spiegels? Bei diesem Zweifel zeigt Nichts an, welchen Antheil an der beobachteten Bewegung des Thermoskops das Licht hatte, welches von dem in der Richtung des Mondes gelegenen Theile der Erdatmosphäre herrührte. Um diese letztere Ursache des Steigens schätzen zu können, hätte man, nachdem die der Annahme nach allein von der Wirkung des Lichtes der Corona herrührende Bewegung des Thermoskops constatirt war, dem Spiegel eine etwas andere Stellung geben, ihn grade soweit drehen müssen, daß kein Strahl der Corona mehr im Brennpunkte concentrirt wurde, und dann das Thermoskop von Neuem beobachten. Der Unterschied der beiden Angaben würde sehr nahe die wahre Wirkung des Lichts der Corona ausgedrückt haben. Die von Doctor Magrini bei seinem Versuche beobachtete Wirkung kann offenbar eine complicirte gewesen sein.

Während der totalen Finsterniß von 1715 versicherte sich Halley, daß das Licht der Corona, womit der Mond umgeben war, keinen Schatten warf. Im Jahre 1842 hat man ähnliche Beobachtungen angestellt. Ich will hier die Resultate derselben anführen, zuvor indeß bemerken, daß sich aus ihnen kein Schluß auf die absolute Intensität des Lichtes der Corona machen läßt; soll nämlich ein Schatten entstehen, so ist es nothwendig, aber auch genügend, daß das betreffende Licht ein hinreichend großer Bruchtheil des von der Atmosphäre auf die Tafel, wo die Versuche angestellt werden, geworfenen Lichtes sei. Als Beweis dafür dient der Mond: er wirft weder während des Tages, noch auch während einer gewissen Zeit nach dem Untergange der Sonne, so lange nämlich das atmosphärische Licht eine merkliche Intensität besitzt, einen Schatten. Nach Eintritt der Nacht ist dies anders: die vom Monde geworfenen Schatten sind sehr wahrnehmbar.

Jaubert de Passa übernahm auf meine Bitte in Perpignan die Beobachtungen der Schatten und hat mir darüber folgende Notiz zugestellt:

„Ich hatte ein Blatt weißes Papier auf die Brustlehne der Terasse, und in die Mitte des Papiers einen runden Kieselstein von 3 Centimeter Durchmesser gelegt. Im Augenblicke der totalen Verfinsterung verschwand der Schatten des Kieselsteins vollständig. Um mich noch besser von dem Verschwinden der Schatten zu überzeugen, hatte ich vertical auf den Stein einen Bleistifthalter gestellt, der aber auch keinen wahrnehmbaren Schatten warf. Ich hob dann das Papier auf, und hielt es vertical ungefähr 4 Centimeter von dem Bleistifthalter; aber auch jetzt beobachtete ich eben so wenig einen Schatten wie in den vorhergehenden Versuchen."

Pinaud und Boisgiraud sprechen sich folgendermaßen aus: „Wir haben zu ermitteln gesucht, ob das Licht der Corona in Narbonne hell genug war, um hinter undurchsichtigen Körpern Schatten zu werfen. Zu diesem Zwecke war ein schwarzer Bleistift sehr nahe vor einem der Sonne zugekehrten Blatte weißen Papiers aufgestellt worden: es zeigte sich aber kein wahrnehmbarer Schatten."

„Um mich zu überzeugen, sagt Largeteau, ob die leuchtende Corona zu Salon bemerkbare Schatten erzeugte, stützte ich den Zeigefinger der rechten Hand in verticaler Richtung auf einen Tisch; es bildete sich augenblicklich ein sehr schwacher, aber doch deutlicher Schatten."

Belli überzeugte sich, daß in Padua die Corona keinen merklichen Schatten hervorrief. Diese Beobachtung ist um so zuverlässiger, als der geschickte Physiker Alles vorgerichtet hatte, um nach der bekannten auf Herstellung gleich intensiver Schatten gegründeten photometrischen Methode die relativen Helligkeiten des Lichtes der Corona und des Lichtes einer Wachskerze zu bestimmen.

Indem Belli sofort ohne weitere Vorbereitung andere Verfahren anwandte, fand er, daß bei der Winkelhöhe von 19° 45′ über dem Horizonte das Licht der Corona zu dem, welches bei gleicher Höhe der Vollmond auf der Erde verbreitet haben würde, sich verhielt, wie 1:7. Der Physiker von Verona gibt dieses Resultat aber nur mit größter Zurückhaltung; und in der That würden die angewandten Methoden, sowie die Umstände bei der Beobachtung Bedenken von mehr als einer Art unterliegen.

Dreizehntes Kapitel.

Leuchtende Corona bei der zu Honolulu (auf den Sandwichsinseln) am 8. August 1850 beobachteten totalen Sonnenfinsterniß.

Um die Discussion, auf welche ich mich zuvor bei Gelegenheit der Finsterniß von 1842 eingelassen habe, zu vervollständigen, will ich die schätzbaren Beobachtungen mittheilen, deren Kenntniß wir dem Commissar der französischen Republick Herrn Bonnard in Taiti, und Herrn Kutczycki, der die erhaltenen Aufträge gut ausgeführt hat, verdanken; diese Beobachtungen sind während der totalen Finsterniß vom 8. August 1850 zu Honolulu auf den Sandwichsinseln angestellt worden.

Nach allen Berichten, die uns über totale Sonnenfinsternisse zugekommen sind, war der Mond zur Zeit der völligen Verfinsterung von einem aus weißem Lichte gebildeten gut begrenzten Ringe umgeben, der sich auf einen weniger leuchtenden Grund projicirte und ziemlich weit erstreckte. Die Beobachter haben diesem Ringe nach Schätzung und nicht infolge einer Messung eine Breite beigelegt, die zwischen 2 und 4 Minuten variirt. Die einen haben ihn für concentrisch mit dem Monde gehalten; die andern sind der Ansicht gewesen, daß sein Mittelpunkt mit dem der Sonne zusammenfalle. Was die alten Beobachtungen unsicher gelassen hatten, hat durch die Beobachtung vom 8. Juli 1842 nicht gelöst werden können. Wir wollen sehen, was uns in dieser Beziehung die Finsterniß von 1850 lehrt. Hören wir den Beobachter in Honolulu, Kutczycki:

„Die leuchtende Corona war völlig unregelmäßig; im Ganzen hatte sie das Aussehen eines Gestirns mit mehreren ungleich von einander abstehenden und verschieden langen Armen. Sie war gegen die Ränder des Mondes hin leuchtender, ließ aber weder in ihrer Gesammtheit, noch in einem ihrer Theile die Spur eines runden oder rundlichen Saumes, der um beide Gestirne einen Ring bildete, erkennen; ihr Licht nahm sehr gleichförmig ab, ohne eine wahrnehmbare plötzliche Aenderung zu zeigen. Eine Bestimmung, mit welchem der beiden Gestirne die Corona concentrisch lag, war also nicht möglich. Ihr Licht war oder erschien mir vollständig weiß, lebhafter gegen die Ränder des Mondes zu, wie ich schon gesagt habe, und von da an abnehmend, bis

sie sich mit der grau violetten Farbe des Himmels vermischte. Die Corona war in der auf den Rand des Mondes senkrechten Richtung noch durch mehrere Linien oder Striche, die schwärzer als das Uebrige waren, gestreift; diese Striche fanden sich überall, aber in größerer Anzahl auf der Westseite des Mondrandes. Dies gab ihr, die Regelmäßigkeit ausgenommen, das Aussehen einer Glorie, wie sie die Maler um die Köpfe der Heiligen anbringen; eine Vergleichung, die sehr oft und mit vollem Rechte angewandt worden ist. Das Ganze war vollkommen unbewegt und glich in keiner Beziehung einem um seinen Mittelpunkt kreisenden Feuerwerke. Diese Unbeweglichkeit war so vollkommen, daß während der ganzen Dauer der totalen Finsterniß einer der dunklen Striche, der mehr als die übrigen hervortrat, stets von einem und demselben Punkte des westlichen Mondrandes ausging und zwar von einem durch eine kleine Hervorragung, der einzigen mit der Vergrößerung des Fernrohrs sichtbaren, leicht kenntlichen Punkte. Die beiden längsten Arme der Corona lagen in fast verticaler Richtung und umspannten bis zu ihrem Ende einen Winkel von 2° 35′; die rechts und links gelegenen Arme hatten eine Ausdehnung von 2° 5′. Der linke Theil war wenigstens zwei mal so lang als der rechte; der obere Zweig war beim Anfange der totalen Verfinsterung ebenfalls merklich länger als der untere; das Gegentheil würde eingetreten sein, wenn die Excentricität des Mondes die Ursache davon gewesen wäre. Der Unterschied war übrigens viel größer als diese Excentricität zu erklären vermöchte, wenn sie in dem Sinne gewesen wäre, wie sie in diesem Falle hätte sein müssen. Hat sich die Corona einige Augenblicke vor oder nach dem Anfange der totalen Verfinsterung gebildet? Ist sie vor oder nach ihrem Ende verschwunden? Diese von Halley und Ulloa in entgegengesetztem Sinne entschiedene Frage habe ich trotz der Schwierigkeit, die mir ihre Entscheidung beim Anfange der totalen Verfinsterung unmöglich machte, doch für das Ende derselben mit Sicherheit zu beantworten vermocht. Sie verschwindet oder vielmehr sie verschwand in Honolulu grade in dem Augenblicke des Austritts des ersten Sonnenstrahles, und ihr Platz schien von diesem Zeitpunkte an völlig dunkel. Ich zweifle nicht, daß sie während der Dauer der Finsterniß vollständig vorhanden ist; indeß genügt das kleinste Stück der

Sonnenscheibe, um sie gänzlich verlöschen zu lassen, wenigstens auf der Seite, wo der Austritt der Sonne stattfindet. Einen Augenblick vor diesem Austritte wuchs ihr Licht so bedeutend an Intensität in dem Theile, welcher den Mond berührte, daß es schwierig war, dasselbe mit freiem Auge auszuhalten. Dieser Gürtel, der beträchtlich leuchtender war als das Uebrige, besaß nur eine sehr geringe Breite, und seine Grenze war nicht hinreichend scharf, um sie bestimmen zu können; dies ist vielleicht die leuchtende Corona, welche bei andern Finsternissen manchen Beobachtern die beiden Gestirne mit einem scharf begrenzten Ringe zu umgeben schien. Nimmt man diesen Ring als begrenzt an, so würde er ohne Zweifel auf die Sonne centrirt sein, und seine Breite dürfte wohl unter 1′ 10″ betragen; denn er war während des größten Theils der totalen Verfinsterung vollständig vom Monde bedeckt, und der Mondhalbmesser übertraf den Sonnenhalbmesser nur um diese Größe. Dieser hellere Gürtel hat bis zum Austritte des ersten Sonnenstrahls, dem die Erscheinung eines rosenfarbenen gezähnten Kreises vorherging, gedauert; im Augenblicke des Austrittes war Alles verschwunden."

Ich glaube nicht, daß Jemand in dem eben gelesenen Berichte Kutczycki's ein entscheidendes Argument zu Gunsten der so verführerischen Theorie La Hire's und de l'Isle's finden wird, nach welcher die Bildung der Strahlenkrone von der Beugung abhängen sollte, welche das die Mondränder streifende Sonnenlicht erlitte. Die während der totalen Finsterniß vom 28. Juli 1851, welche im nördlichen Theile Europas sichtbar war, gemachten Beobachtungen haben die Frage fast auf demselben Punkte gelassen, auf dem sie sich nach der Finsterniß von 1842 befand.

Das Phänomen scheint also der Gegenstand neuer Untersuchungen werden zu müssen; es ist den Beobachtern künftiger Verfinsterungen zu empfehlen, ihre Aufmerksamkeit besonders auf die Zahl der leuchtenden oder dunklen Strahlen, auf ihre Richtung, ihren Ausgangspunkt in Bezug zum Mondkörper und auf die Art, wie sie in der Corona endigen, zu richten.

Vierzehntes Kapitel.

Gibt es eine Atmosphäre um den Mond?

Im 6. Kapitel S. 131 habe ich auf eine eigenthümliche Art von Beobachtungen hingewiesen, die in Betreff einer Atmosphäre des Mondes zu bestimmten und zuverlässigen Schlußfolgerungen führen können. Ich muß aber hinzufügen, daß jene Beobachtungen ohne Beweiskraft sind, wenn die Mondatmosphäre die Spitzen der Gebirge, womit dieser Himmelskörper bedeckt ist, nicht überragt. Unter diesem Vorbehalte will ich die Methode wiederholen, und dann angeben, welches Resultat die Finsterniß von 1842 geliefert hat.

Während einer Sonnenfinsterniß projicirt sich der Mond schwarz und in seiner wahren Form auf die Sonne. Der sichtbar gebliebene Theil der Sonne wird also stets durch zwei Kreisbogen begrenzt. In den Punkten, wo diese beiden Bogen zusammentreffen, bilden sie krummlinige Winkel, die man die Hörner nennt. In gewissen Augenblicken können diese Hörner sehr spitz und sehr schmal werden.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen, welche äußerlich die Spitzen der Hörner selbst und die benachbarten Theile begrenzen, haben, bevor sie ins Auge des Astronomen gelangen, den Mond gestreift oder fast gestreift. Ist nun der Mond von einer merklichen Atmosphäre umgeben, so wird jeder dieser Strahlen in einer auf die Gegend der Mondoberfläche, neben welcher er vorbeigegangen ist, senkrechten Richtung abgelenkt werden, und zwar in einem, seinem Abstande von dieser Gegend entsprechenden Grade. Durch die Wirkung dieser ungleichen Brechungen wird die kreisförmige Gestalt des Sonnenrandes in der Nähe der Ränder verändert erscheinen.

Während der verschiedenen Phasen der Finsterniß vom 8. Juli 1842 ist in Perpignan keine dauernde derartige Veränderung wahrgenommen worden. Von Zeit zu Zeit erschienen die Hörner stumpf oder abgestutzt; dies war aber das Resultat der Zwischenstellung irgend eines auf dem Rande der Mondscheibe gelegenen Berges. Es zeigten sich nämlich diese Abstumpfungen bald an dem einen, bald an dem andern Horne; eine Atmosphäre des Mondes würde dagegen eine dauernde Deformation hervorgebracht haben.

Die Thatsache, welche aus unsern Beobachtungen in Perpignan hervorgeht, daß nämlich der äußere Bogen der Hörner stets eine kreisförmige Gestalt besitzt, hat die Astronomen, seitdem man den Finsternissen eine ernstliche Aufmerksamkeit zuwendet, zu lebhaft beschäftigt, als daß ich nicht alle diejenigen namentlich anführen sollte, die im Jahre 1842 zu demselben Schlusse gelangt sind.

Airy sah in Superga bei Turin die Hörner regelmäßig und vollkommen spitz.

In Padua erschienen Santini die Hörner spitz und sehr scharf begrenzt; er merkte weder Anschwellungen noch Verzerrungen irgend einer Art.

Conti bestätigt die Wahrnehmungen seines Collegen.

Biela, der ebenfalls zu Padua beobachtete, sagt in seinem Berichte: „Die Enden der Hörner waren äußerst spitz; sie zeigten weder Verlängerungen noch unregelmäßige Krümmungen.“

Aber nicht blos durch die Beobachtung der Gestalt der Hörner hofften wir einige genauere Kenntnisse über das Vorhandensein und die Eigenschaften der Mondatmosphäre zu erlangen. Anderweitige Beobachtungen, nämlich Beobachtungen über den Vorübergang der Mondscheibe vor den sogenannten verlängertern Fackeln, welche die Sonnenoberfläche darbietet, schienen zu demselben Ziele führen zu können (6. Kap. S. 132).

Während der Finsterniß vom 8. Juli 1842 sah man auf der Sonnenscheibe Fackeln, die sich durch ihre Form und durch die Gleichförmigkeit ihres Lichtes vollkommen eigneten, um zu untersuchen, ob die Theile der gradlinigen Fackeln, welche in der Nähe der schwarzen Scheibe lagen, dieselbe Intensität besaßen, als die übrigen Theile; ob sie eine schwache Verzerrung erfuhren, die man einer Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre unseres Satelliten hätte zuschreiben können. Trotz aller unserer Sorgfalt und ungeachtet der zahlreichen Ein- und Austritte von Fackeln, die wir aufzeichnen konnten, gelang es indeß meinen Mitarbeitern und mir nicht, die geringste Spur von einer Mondatmosphäre wahrzunehmen. Eugen Bouvard war zu Digne nicht glücklicher. Keine der Fackeln, die er unter die dunkle

Scheibe des Mondes treten oder wieder frei werden sah, erschien in ihrer Form oder in ihrer Intensität geändert.

Ich habe mich hier nicht mit denjenigen Beschreibungen der Finsterniß zu beschäftigen, in welchen der Fackeln keiner Erwähnung geschieht: die Verfasser derselben haben vielleicht nicht gesucht, diese merkwürdigen Lichtzustände zu entdecken, sei es daß sie durch die Zeit gedrängt waren, oder daß die von mir vorgeschlagene Beobachtung ihnen keine Aussicht auf Erfolg darzubieten schien. Das Wort Fackel findet sich meines Wissens nur in der Brochure der Professoren der Physik von Toulouse. „Was die Beobachtung der Sonnenfackeln anbetrifft (sind ihre Worte), welche Arago empfohlen hatte, um zu erfahren, ob sich um die Mondscheibe ein Halbschatten bilde, der von dem Vorhandensein einer diesen Satelliten umgebenden Atmosphäre herrührt, so ist es uns unmöglich gewesen, dieselben mit unsern ohne Zweifel zu schwachen Fernröhren zu entdecken; wir müssen indeß sagen, daß nach einer so aufmerksamen Betrachtung als möglich zu urtheilen, die sichtbare Oberfläche der Sonnenscheibe uns durch unsere farbigen Gläser stets von gleichförmigem Glanze, und gleicher Helligkeit in allen ihren Punkten erschienen ist.“

Obgleich negative Resultate gut constatirten positiven Thatsachen gegenüber im Allgemeinen ohne Werth sind, obgleich die so eben gelesene Stelle die Beobachtungen der drei Astronomen in Perpignan und des Astronomen in Digne nicht zu entkräften vermag: so will ich doch zur Ehre der Wahrheit den Herrn Professoren von Toulouse, die sich aus sehr lobenswerthem Eifer nach Narbonne begeben hatten, sagen, daß wenn sie am 8. Juli 1842 keine der zahlreichen Fackeln, womit damals die Sonne bedeckt war, bemerkten, man dieß nicht ausschließlich der geringen Kraft der von ihnen angewandten Fernröhre und des benutzten gregorianischen Teleskops zuschreiben darf. Die Fackeln wurden mit äußerst mäßigen Instrumenten und sehr schwachen Vergrößerungen von Galilei entdeckt und von Scheiner untersucht; das beste Fernrohr, dessen sich Galilei jemals bedient hat, vergrößerte 32 mal.

Fünfzehntes Kapitel.

Gibt es auf dem Monde bisweilen kleinere oder größere Räume, die von selbst leuchten? Besitzt die Oberfläche unseres Satelliten brennende Vulkane? Wird die Atmosphäre des Mondes (wenn eine solche existirt) von Blitzen durchzuckt?

Die in der Ueberschrift dieses Kapitels aufgeführten Fragen waren in dem Aufsatze, den ich vor der Finsterniß von 1842 veröffentlicht habe und der den Anfang des gegenwärtigen bildet, gestellt worden; sie hatten ihren Grund in den älteren Beobachtungen von Halley, Louville, Antonio de Ulloa u. A., deren ich oben im 5. Kapitel S. 124 gedacht habe.

Während der totalen Finsterniß von 1778 sahen, wie ich dies berichtet habe, Ulloa, Aranda und Wintuisen in dem nordwestlichen Theile des Mondes einen leuchtenden Punkt, der successive glänzte wie die Sterne vierter, dritter und zweiter Größe. Ulloa erklärte seine Beobachtung auf eigenthümliche Weise: er glaubte durch eine Spalte der Mondkugel, deren ganze Länge nach Lalande's Berechnung nicht weniger als 50 Meilen betragen haben würde (6. Kap. S. 129), die Sonne gesehen zu haben.

Obgleich die Beobachtung der beiden spanischen Officiere mit Rücksicht darauf, daß sie von einem Schiffe aus auf dem Meere gemacht war, von den Astronomen nicht mit vollem Vertrauen aufgenommen worden war, so beeilte sich doch Jeder am 8. Juli 1842 nachzusehen, ob nicht irgend ein leuchtender Punkt ähnlich wie 1778 sich innerhalb oder in der Nähe des kreisförmigen dunkeln Umfangs unseres Satelliten zeigen würde.

In Perpignan sahen wir trotz der Stärke unserer Fernröhre nichts Aehnliches; ebensowenig finde ich eine derartige Beobachtung in den Notizen, welche Eugen Bouvard und Petit mir zugesandt haben.

In Pavia bemerkte Baily keinen leuchtenden festen Punkt auf der Mondscheibe.

In Superga war Airy nicht glücklicher.

Dies sind zahlreiche negative Resultate; ich komme jetzt zu ganz entgegengesetzten Angaben.

„Einer von uns, sagen Pinaud und Boisgiraud in ihrer Abhandlung, hat um die Mitte der totalen Verfinsterung sehr deutlich plötzlich einen glänzenden von einer lebhaften kreisförmigen Scintillation umgebenen Punkt erscheinen sehen, der unveränderlich in dem unteren südsüdöstlichen Theile, etwas links vom verticalen Durchmesser nahe am Umfange der Scheibe blieb. Der glänzende Punkt verschwand erst einen Augenblick vor dem Ende der totalen Verfinsterung."

Diese Stelle läßt Vieles zu wünschen übrig: derjenige der vier Beobachter in Narbonne, welcher den leuchtenden Punkt sah, durfte nicht ermangeln, seine Mitarbeiter von der ihm zu Gesicht gekommenen Erscheinung in Kenntniß zu setzen. Warum ist dann aber nicht angeführt, ob auch nach dieser Mittheilung des bevorzugten Beobachters der von einer lebhaften kreisförmigen Scintillation umgebene glänzende Punkt fortdauernd für die drei anderen Beobachter unsichtbar blieb? Man darf vermuthen, daß um sich gegen jede Fehlerquelle zu schützen, jener Beobachter, welcher den strahlenden Punkt entdeckte, ihn auch wenigstens mit einem der drei übrigen ihm zur Hand befindlichen Fernröhre zu sehen suchte; man hätte einen so wesentlichen Umstand nicht vergessen sollen. Diese Erklärungen hätten vielleicht bedenkliche Personen gehindert, eine so schätzbare Beobachtung mit Unrecht als bloße Wirkung irgend einer optischen Täuschung zu betrachten.

Die Abbildung, welche die toulouser Professoren gegeben haben, setzt den strahlenden Punkt in einen Abstand vom Rande der Mondscheibe, der ungefähr den siebenten Theil ihres Halbmessers beträgt. Diese Lage, dieselbe als genau gezeichnet angenommen, würde sich mit der Erklärung des Antonio d'Ulloa nicht vereinigen lassen; sie würde erfordern, daß der Mond von einer Seite zur andern von einem Loche durchbohrt wäre, dessen Länge nicht wahrscheinlich sein dürfte. Dieses Loch hätte sich übrigens infolge seiner Lage im unteren Theile des Mondes wenige Minuten nach dem Anfange der Finsterniß auf die Sonne projiciren müssen, und erst nach dem Ende der vollständigen Verfinsterung dieses Gestirn verlassen können. Der strahlende Punkt hätte also gegen funfzig Minuten lang sichtbar sein müssen.

In Barcelona hat, wie mir Herr Presas schreibt, ein Mediciner,

Pedro Vieta, angekündigt, daß er das Loch Ulloa's im unteren Theile des Mondes gesehen habe. Das Licht, welches durch dieses Loch hindurchgegangen, sei eben so intensiv gewesen, wie das der Sonne. Das Loch soll nach Vieta's Angabe krumm, und eine Viertelstunde nach dem Zeitpunkte der Conjunction der beiden Gestirne drei Minuten lang sichtbar gewesen sein.

Ich bin nicht im Stande zu errathen, wie Vieta zu erkennen vermocht hat, daß das Loch krumm war. Sodann muß ich bemerklich machen, daß das von Ulloa angebene Loch sich in dem oberen und nicht in dem unteren Theile des Mondes befand, und endlich hinzufügen, daß der Professor der Schifffahrtskunde, Ezequiel Calvet, welcher neben Vieta beobachtete, trotz aller Anstrengungen weder das blendende Licht, noch das krumme Loch, wovon ihn sein Nachbar unterhielt, zu sehen vermochte.

Herr Valz hat während der totalen Verfinsterung auf dem Monde sehr lebhafte Lichtpunkte gesehen. Die Erklärung, welche er davon gibt, hat einige Aehnlichkeit mit der von Ulloa ausgesprochenen. Der Leser wird sie übrigens kennen lernen, denn ich will sogleich die Hauptstellen der Briefe, die ich von meinem Freunde, dem Director des marseiller Observatoriums empfangen habe, vollständig mittheilen. Die Beobachtungen, auf welche sich diese Stellen beziehen, unterscheiden sich durch einen wesentlichen Umstand von denen, welche im Jahre 1842 in der ganzen Ausdehnung der Zone, wo totale Dunkelheit herrschte, gemacht wurden: Herr Valz glaubte innerhalb des Mondrandes leuchtende Punkte zu sehen, die zu Perpignan, Montpellier, Narbonne, Visan, Toulouse, Superga, Pavia, Mailand, Padua, Wien und Lipesk (Rußland) sich offenbar außerhalb dieses Randes zeigten.*) Diese Abweichung ist sehr auffallend, und ich gestehe offen, wenn mir die große Geschicklichkeit von Valz weniger bekannt wäre, so würde ich geglaubt haben, dies Mal die marseiller Beobachtungen ganz bei Seite legen zu müssen.

„Vierzig Secunden vor dem Ende der totalen Verfinsterung,

*) Die in diesen Städten gemachten Beobachtungen werden später erörtert werden.

sagt Valz in einem Briefe vom 30. Juli 1842, sah ich in der Nähe des Mondrandes, wo ich das Wiedererscheinen der Sonne erwartete, zwei nahe bei einander stehende, sehr glänzende Punkte, glänzender selbst als die Sterne erster Größe. Ihr Licht war weiß, ähnlich dem Sonnenlichte. Von jedem dieser Punkte ging ein Lichtstreifen aus, welcher demjenigen glich, den man in einem dunkeln Zimmer von der Oeffnung ausgehen sieht, durch welche das Sonnenlicht eindringt; er war aber stärker divergirend und hatte sehr genau die Lage der Streifen, welche den Heiligenschein bilden. Vom Augenblicke dieser Erscheinung an hatte ich die Ueberzeugung, daß ich Punkte der Sonnenscheibe sähe, und ich glaube nicht, daß man nach den vorstehenden Details eine solche Annahme zurückweisen kann. Funfzehn Secunden später zeigte sich ein dritter glänzender Punkt mehr im Norden, der ebenfalls einen divergirenden und zur Bildung eines Theiles des Heiligenscheins beitragenden Streifen erzeugte."

Valz berichtet mir, mit bloßen Augen seien an dem Mondrande leuchtende Punkte in Marseille, Aix, Anduse, auf dem Schlosse von Massillargues, in Nimes u. s. w. gesehen worden. Er setzt hinzu, daß Billet, Professor der Physik am marseiller Gymnasium, deutlich den schmalen Zwischenraum, welcher die leuchtenden Punkte vom Rande unseres Satelliten trennte, mit einem Rochon'schen Prismenfernrohre, das 24mal vergrößerte, unterschied.

Valz fährt dann folgendermaßen fort: „Aus der relativen Bewegung der beiden Gestirne folgt, daß die beiden ersten leuchtenden Punkte 20 Secunden vom Rande des Mondes entfernt waren, d. h. um $^1/_{50}$ des Halbmessers, oder daß sie in einem Abstande von 4 Meilen, von der Peripherie aus in der Richtung eben dieses Halbmessers gezählt, lagen. In dem Abstande von 4 Meilen würde ein von der Vorderfläche bis zur Hinterfläche des sphärisch angenommenen Mondes gehendes Loch eine Länge von mehr als 70 Meilen haben müssen. Dies ist ohne Zweifel eine ungeheure Größe; ein solches Resultat wird wenig annehmbar erscheinen; indeß die Zahlen sind unbeugsam. Ich werde übrigens nicht, wie Ulloa, die Voraussetzung machen, daß es auf dem Monde eine Art von gebohrtem Brunnen gebe, der ihn in der Richtung einer seiner Sehnen von der einen Seite bis zur andern

durchsetze; dagegen glaube ich an ein großes und langes Erhebungsthal, welches von fern gesehen oben durch das infolge der Projection eintretende Uebereinanderlegen der hervorspringenden Winkel an den Gebirgswänden, die es begrenzen, geschlossen erscheint, während der Grund seine natürliche gradlinige Form behalten hat. Wie kann man, wird man sagen, an ein 4 Meilen unter der allgemeinen Oberfläche des Mondes eingeschnittenes Thal glauben? Wer diese Erklärung nicht annehmen will, wird eine bessere suchen müssen. Uebrigens ist uns die physische Constitution des Mondrandes nicht bekannt, und es können dort Vorgänge eingetreten sein, wovon wir keine Vorstellung haben ...."

In einem andern Briefe vom 6. October 1842 schrieb mir Valz:

„In einer Zeitung habe ich gelesen, daß Sie meine Erklärung der Lichtpunkte nicht annehmen. Mir ist diese Erklärung als die nothwendige Consequenz aus den Thatsachen erschienen. Vulkane würden derartige Strahlen nicht hervorbringen können .... In dem Berichte über seine Reise längs des Amazonenstroms spricht La Condamine von einer Localität, dem Uebergange des Pongo, wo man analoge Formen sieht, wie diejenigen, welche man den Mondthälern zuschreiben muß, um die Erscheinung der Lichtpunkte in der Nähe der Ränder zu erklären ....

„Was die äußeren leuchtenden rothen Punkte, von denen einige Beobachter gesprochen haben, betrifft, so habe ich nicht die geringste Spur davon gesehen. Wären sie wirklich vorhanden gewesen, so hätte man sie allgemein sehen müssen; ich betrachte sie als eine optische Täuschung."

Valz war schlecht unterrichtet, als er glaubte, die äußeren leuchtenden Punkte wären nicht allgemein wahrgenommen worden. Man wird weiter hin sehen, daß die marseiller Beobachtung allein als Ausnahme genannt werden muß.

Ich weiß nicht, ob mein scharfsinniger Freund und College bemerkt hat, daß es nach seiner Hypothese von Zeit zu Zeit am Tage der Opposition oder des Vollmondes in der Nähe des Randes unseres Satelliten vollständig dunkle Partieen geben müßte. Durch den Mond von einer Seite bis zur anderen hindurchgehende Oeffnungen, Räume ohne feste Materie würden gegen die Erde kein merkliches Licht zurück-

strahlen. Man wird sagen, es sei, um von den leuchtenden Punkten Rechenschaft zu geben, nicht nöthig, den Oeffnungen große Dimensionen beizulegen; darauf werde ich antworten, daß man mit den Vergrößerungen, wovon heutigen Tages die Astronomen Gebrauch machen, äußerst kleine Objecte auf dem Monde sieht; ich würde nicht zugeben können, daß in 20 Secunden Abstand vom Rande das Vorhandensein eines 4 Meilen tiefen Thales von den Beobachtern nicht sollte wahrgenommen worden sein.

Gehen wir jetzt zu Louville's sich schlängelnden Lichtern über.

Niemand hat sie trotz der Stärke der Fernröhre und der größten den Beobachtungen zugewandten Aufmerksamkeit wahrgenommen.

Von Blitzen, von momentanen und nicht geschlängelten Lichtstreifen haben blos die Beobachter in Venedig geredet:

„Von Zeit zu Zeit, sagt der Abbé Zantedeschi, sah man (auf dem Monde) schwache intermittirende Blitze, wie Streifen phosphorischen Lichtes, die mit schwarzen Strahlen untermischt waren.

„Die Oberfläche des Mondes wurde, nach Wüllerstorff, von Zeit zu Zeit von leuchtenden Strahlen durchkreuzt."

In Venedig, wo die totale Finsterniß von sehr kurzer Dauer war, mußte die Zahl dieser Blitze, dieser Lichtstreifen sehr gering sein. Man kann sie daher in aller Strenge erklären, ohne etwas Brennbares auf der Oberfläche unseres Satelliten anzunehmen, wenn man einfach die Voraussetzung macht, daß mehrere Feuerkugeln, mehrere Sternschnuppen sich zwischen den Mond und den Beobachter stellten. Findet man etwas Gezwungenes in dieser Hypothese, so ist hier meine Antwort:

Zur Zeit der totalen Verfinsterung am 8. Juli 1842 sah einer meiner Jugendcameraden, Herr François Gonsalvo zu Estagel, zwei leuchtende Meteore den Himmel gerade nach der Gegend hin durchfliegen, welche die in Conjunction befindlichen Gestirne einnahmen. Man kann wohl nicht zweifeln, daß bei passender Wahl des Standpunktes die Meteore sich auf die Mondscheibe selbst projicirt haben würden.

Denken wir uns nun einen die Erscheinung mit einem Fernrohre beobachtenden Astronomen an dieser zweiten Station aufgestellt: das

Meteor dringt in das Gesichtsfeld des Instruments; wenn sein Licht nicht hinreichend die Helligkeit der Corona übertrifft, so ist es noch nicht sichtbar; aber bald projicirt es sich infolge seiner fortschreitenden Bewegung auf die dunkle Scheibe des Mondes; dann wird es sehr wahrnehmbar. Dieser Stand der Dinge besteht bis zu dem Augenblicke, wo es nach Vollendung seines Laufes längs einer Sehne jener Scheibe an dem entgegengesetzten Rande anlangt, sich zum zweiten Male auf die Corona projicirt und verschwindet.

Ich muß diejenigen enttäuschen, welche meinen sollten, der von Gonsalvo beobachtete Vorgang stehe vereinzelt da. In Italien hörte Piola von verschiedenen Personen, daß sie während der kurzen Dauer der totalen Verfinsterung Sternschnuppen und eine Feuerkugel gesehen hätten. Die Bahn der Feuerkugel lag dem Orte, wo der Mond stand, so nahe, daß es geschienen hatte, als löste sie sich von diesem Gestirne ab.

Sechszehntes Kapitel.

Ueber die dunkeln Verbindungslinien zwischen dem convexen Rande des Mondes und dem anstoßenden concaven Sonnenrande.

Vor der Finsterniß von 1842 hatte ich die Aufmerksamkeit der Beobachter auf das Auftreten gewisser geradliniger, breiter, paralleler, vollkommen schwarzer und scharf begrenzter Striche gelenkt, welche, den Zähnen eines Kammes vergleichbar, von mehreren Astronomen in dem Augenblicke wahrgenommen worden waren, wo der convexe Rand des Mondes dem concaven Sonnenrande von der inneren Seite sehr nahe rückte. Im vierten Kapitel dieses Aufsatzes (S. 123) findet sich die Beschreibung der Erscheinung, wie ich sie einige Zeit vor der Finsterniß veröffentlicht hatte.

In Perpignan harrten wir unsererseits mit größter Spannung auf das Eintreten der von Hrn. Baily so gut beschriebenen Phänomene; nichtsdestoweniger gelang es Keinem von uns die mindeste Spur jener Verbindungslinien zu entdecken. Einzelne Mondberge in der Nähe der Hornspitzen ließen die äußersten Enden derselben auf

Augenblicke von der übrigen Sichel getrennt erscheinen, aber dies war mit den Perlenreihen des englischen Astronomen nicht zu vergleichen, welche als eine der charakteristischen Phasen der totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternisse bezeichnet wurden.

Die Herren Pinaud und Boisgiraud sprechen von „schwarzen Verbindungslinien, welche die beiden Ränder der Sichel zu vereinigen schienen," und ihnen 20—25 Secunden lang sichtbar waren. Auch bemerkten die beiden Beobachter von Narbonne zahlreiche bewegliche Zähne (dentelures), doch läßt sich nach dem Wortlaute ihrer Erzählung meines Bedünkens nicht behaupten, daß sie die Perlenreihe gesehen haben.

In Montpellier erblickte der Abbé Peytal die Erscheinung der Perlenreihe im Moment des Beginnens der totalen Verfinsterung, und zwar nur eine halbe Secunde lang; vorher ging die Erscheinung schwarzer Linien, „deren Lage auf der Sichel, sagt er, nicht zu bestimmen war, weil sie fortzulaufen schienen."

Hr. Roche sah, wie Hr. Peytal, schwarze Linien parallel mit sich selbst die Sichel entlang laufen; die Perlenreihe nahm er nicht wahr.

Hr. Valz in Marseille beobachtete keine Spur weder von den Verbindungslinien, noch von der eigentlich sogenannten Perlenreihe.

Jeder wird begreifen, daß Hr. Baily selbst die angestrengteste Aufmerksamkeit den Linien und Perlen zuwandte, welche ihm in Schottland so auffallend gewesen waren. Ihre Beobachtung bildete den Hauptzweck seiner nach Italien unternommenen Reise. Unter dem günstigsten Himmel konnte 1842 Baily in Pavia keine Spur der schwarzen Striche oder Verbindungslinien entdecken; dagegen zeigte sich ihm deutlich die Erscheinung der sogenannten Perlenreihe: the beads, sagt er, were distinctly visible.

In Superga bei Turin bestrebte sich der Director der Sternwarte zu Greenwich, Airy, ohne Erfolg die Verbindungslinien, so wie die Reihen getrennter leuchtender Punkte wahrzunehmen, welche man Perlenschnüre genannt hat. Sowohl im Momente des Eintritts der totalen Finsterniß, als unmittelbar nach dem Wiedererscheinen der Sonne widmete er dieser Untersuchung seine ganze Sorgfalt.

In Padua erschien die außerordentlich schmal gewordene Sichel

im Augenblicke ihres Verschwindens Hrn. Biela wie aus getrennten Sternen bestehend.

In Venedig betrug die Anzahl dieser Sterne, mit anderen Worten die Zahl der unterscheidbaren Punkte, auf die sich der letzte sichtbare Saum der Sonnenscheibe reducirte, acht bis neun.

Obgleich die Finsterniß in Neapel nicht total war, so wendete Hr. Antonio Nobile dennoch die Aufmerksamkeit im geeigneten Moment dem Auftreten der Verbindungslinien und der Perlenschnüre zu, allein ohne eine Spur davon zu bemerken.

Aus der Gesammtheit dieser Beobachtungen geht die wichtige Folgerung hervor:

Die schwarzen Verbindungslinien haben keinen reellen Grund und sind an keine von der physischen Constitution der Sonne oder des Mondes abhängigen Eigenschaften geknüpft: man hat sie vielmehr als das Resultat einer anomalen Lichtwirkung (jeux de lumière) in der Atmosphäre, im Fernrohr oder im Auge des Beobachters aufzufassen. Wäre dem nicht so, so hätten die Astronomen in Perpignan, in la Superga und Pavia das fragliche Phänomen ebenso gut wahrnehmen müssen, wie in Narbonne und Montpellier; denn dasselbe gehört nicht etwa zur Gattung der sich durch flüchtige photometrische Nüancen kundgebenden Erscheinungen, deren Auffassung eine Vereinigung von außerordentlichen Umständen erfordert. Schwarze Striche, auf die Sonnenscheibe projicirt, würden auch dem ungeübtesten Beobachter nicht entgehen, selbst wenn er bei nebligem Himmel mit einem sehr mittelmäßigen Fernrohre ausgerüstet sein sollte. In dem vorliegenden Falle aber bemerkten die Astronomen vom Fache Nichts von den Kammzähnen, welche von den mit dem Gebrauche der Instrumente weniger vertrauten Liebhabern gleichwohl in großer Zahl wahrgenommen wurden.

Ich habe mich überzeugt, daß die Verbindungslinien auf eine weit einfachere Ursache zurückzuführen sind, als man zu meinen scheint: ich habe nämlich gefunden, daß sie eine nothwendige und unabweisbare Folge des undeutlichen Sehens bilden. Der Astronom, der das Ocular seines Fernrohrs äußerst scharf für seine Augen eingestellt hat,

darf das Phänomen nicht wahrnehmen, während die Striche unfehlbar auftreten, sobald diese Bedingung nicht erfüllt ist.

Siebzehntes Kapitel.

Von der Sichtbarkeit desjenigen Stückes der Mondscheibe, welches sich nicht auf die Sonne projicirt.

Ungefähr vierzig Minuten nach dem Beginne der Finsterniß vom 8. Juli 1842, um 5 Uhr 35 Min. nach unserer Uhr, sah ich den Mondrand sich auf dem Himmel abzeichnen. Derselbe bildete genau die Verlängerung des dunkeln Kreisbogens, welcher die Begrenzung des vor der Sonne stehenden Stückes der Mondscheibe darstellte, und traf mit letzterem in zwei Punkten des Sonnenrandes zusammen.

Dabei erschien der Bogen außerhalb der Sonne (in meinem Fernrohre) links schärfer begrenzt als auf der rechten Seite, und war in der Nähe der Sonnenperipherie besser sichtbar, als anderswo.

Meine beiden Mitarbeiter, die Herren Laugier und Mauvais, denen ich meine Beobachtung sofort mittheilte, konnten mit ihren Fernröhren jedoch keine Spur des Mondrandes entdecken, wo sich derselbe auf den Himmel projicirte, während sie die fragliche äußere Partie gleich mir mit vollkommener Deutlichkeit wahrnahmen, als ich sie durch mein eigenes Instrument blicken ließ. Späterhin gelang Hrn. Mauvais die Beobachtung auch in seinem Fernrohre. *)

Die Note, welche ich von Hrn. Eugen Bouvard über die in Digne gemachten Beobachtungen erhalten habe, enthält folgende Stelle:

„Um 6 Uhr 40 Min. (38 Minuten nach dem Moment der totalen Verfinsterung, und 23 Minuten vor dem Ende der Finsterniß), habe ich die Mondscheibe fast ganz gesehen, wie wenn man das aschfarbene Licht wahrnimmt; aber der an die Sonne stoßende Rand war immer am hellsten.“

---

*) Das Fernrohr, dessen sich Hr. Mauvais bediente, hatte eine weit größere Oeffnung als das meinige: das Verhältniß der Oberflächen der Objective war bei unseren beiderseitigen Fernröhren wie 26 zu 10.

Hr. Flaugergues in Toulon bediente sich eines Spiegelteleskops von 60 Centimeter (= 22 Zoll) Länge. Trotz der Kleinheit dieses Instruments erkannte Hr. Flaugergues deutlich die Umrisse des Mondes außerhalb der Sonne. Mit folgenden Worten theilt der genannte Lehrer an der Marineartillerieschule seine Beobachtung mit:

„Etwa um die Mitte der zunehmenden Finsterniß war die Scheibe des Mondes in der Länge eines Bogens von ungefähr 25 Graden, von jedem der beiden Durchschnittspunkte der beiderseitigen Ränder an gerechnet, sichtbar; als die Finsterniß 11 Zoll betrug (d. h. 11 Zwölftel des Durchmessers), konnte man die ganze Mondscheibe sehen, indem der Lichtschimmer sich weiter ausgebreitet hatte, ohne dabei lebhafter zu werden.“

Den vorstehenden Beobachtungen glaube ich die folgende Bemerkung an die Seite stellen zu können, welche einem in der Gazzetta privilegiata di Milano abgedruckten Artikel des Doctor Magrini entlehnt ist:

„Das sogenannte aschfarbene Licht schien nahe bei der Sonnenscheibe heller zu sein, sowohl vor dem Eintritte als nach dem Austritte.“

Das Sichtbarwerden der Seite der Mondscheibe, welche außerhalb der Sonne stand und vom Rande der letzteren selbst ziemlich weit entfernt war, hätte zu interessanten Beobachtungen Anlaß geben können. Es kam mir sogleich der Gedanke, das Bild der Sonne aus dem Gesichtsfelde zu entfernen, und die Umrisse unseres Satelliten ohne gefärbtes Glas zu untersuchen; allein die Befürchtung vor einem der den Astronomen bekannten Blendungsanfälle, welche zuweilen Tage, Wochen, ja Monate lang andauern, ließ mich von meinem Plane abgehen, weil ich verhindert worden wäre, die übrigen Phasen der Finsterniß mit Genauigkeit zu verfolgen. Ueberdem glaubte ich mich zu erinnern, daß Hr. Baily in einer seiner Abhandlungen Van Swinden und Bessel als solche citirt, welche während der ringförmigen Finsternisse der Jahre 1820 und 1836 den Rand des Mondes außerhalb der Sonnenscheibe wahrgenommen hätten. In diesem Gedanken war ich der Meinung, daß hier einfach die Bestätigung einer bereits früher gemachten Bemerkung vorläge.

Nach meiner Rückkehr nach Paris entschloß ich mich die Originalabhandlungen von Van Swinden und von Bessel nachzusehen, um denjenigen, welche vor uns beobachtet hatten, volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Dabei erkannte ich denn, daß die Beobachtungen dieser beiden berühmten Astronomen von unserer in Perpignan gemachten Wahrnehmung vollständig verschieden waren. In der That beziehen sich jene früheren Beobachtungen auf die Regionen in unmittelbarer Nähe der Sonne, auf die Stellen also, wo die Flammen entstehen, welche aus der Mondscheibe hervorzuschießen scheinen, und wo die letztere kaum über die verfinsterte Sonnenscheibe hervorragt; wir werden im letzten Kapitel dieses Aufsatzes darauf zurückkommen. In Perpignan, Digne und Toulon dagegen handelte es sich um die Sichtbarkeit der Umrisse des Mondes auf freiem Himmel und in sehr beträchtlichem Abstande vom Rande der Sonne.

Bevor wir die Beobachtung von Perpignan weiter erörtern und soviel als möglich zu erklären suchen, haben wir zu prüfen, ob nicht von älteren Astronomen etwas Analoges bemerkt worden ist. Der Leser wird sich erinnern, daß hier von einem Himmelskörper ohne eigenes Licht die Rede ist, der zwischen der Sonne und der Erde befindlich, also auf der für uns nicht sichtbaren Seite erleuchtet ist, und dennoch sichtbar wird, indem er sich auf Gegenden des Himmels in der Nähe der Sonne projicirt.

Die folgende Beobachtung stammt aus dem Jahre 1736:

Bei dem Vorübergange des Mercur vor der Sonne, am 11. November des genannten Jahres, sah Plantade zu Montpellier den Planeten, als er sich schon nicht mehr auf die Sonne projicirte. Diese äußere Erscheinung, wenn mir der Ausdruck gestattet ist, dauerte nicht länger als 6 bis 7 Secunden.

Während Mercur vor der Sonne stand, erblickte Plantade seine schwarze Scheibe von einem leuchtenden Ringe umgeben, und gerade dieser Ring blieb dem Astronomen von Montpellier außerhalb der scheinbaren Sonnenscheibe noch 6 bis 7 Secunden lang sichtbar.*)

Wenn man längere Zeit mit großer Aufmerksamkeit nach einem

*) Mémoires de l'Académie, 1736, S. 440.

Gegenstande geblickt hat, so bleibt auf der Netzhaut ein Eindruck von einiger Dauer zurück. Wäre es nicht möglich, daß das von Plantade außerhalb der Sonnenscheibe gesehene Bild des Mercur einer solchen Reizung seinen Ursprung verdankte?

Der Astronom Delisle, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, fand die Bemerkung Plantade's sehr wichtig, und forderte die Beobachter öffentlich auf, während der Sonnenfinsternisse ihr Augenmerk auf die Sichtbarkeit des außerhalb der Sonne stehenden Theiles der Mondscheibe zu richten. Short kam dieser Aufforderung nach, und berichtet über den Erfolg seiner Bemühung in einer Abhandlung über die ringförmige Sonnenfinsterniß des Jahres 1748. Das von ihm angewandte Instrument war ein Spiegelteleskop von 4 engl. Fußen Brennweite, mit einer 120maligen Vergrößerung.

„Ich verwendete," so lauten Short's Worte, „alle mögliche Aufmerksamkeit darauf, die Mondscheibe vor ihrer ersten Berührung mit der Sonne, sowie nach ihrem völligen Austritte aus derselben wahrzunehmen, allein ich konnte Nichts entdecken." Und wie um sich zu entschuldigen, einen solchen Versuch gemacht zu haben, fügt er hinzu: „Ich erwähne dies, um Hrn. Delisle zufrieden zu stellen, der die Astronomen zu dieser Untersuchung öffentlich aufgefordert hatte."

Nach dem angeführten Passus scheint es fast, als habe der berühmte englische Optiker den Versuch, die Mondscheibe außerhalb der Sonne wahrzunehmen, nur vor dem Beginne und nach dem Ende der ganzen Finsterniß angestellt. Weit größer würde die Wahrscheinlichkeit für das Gelingen gewesen sein, wenn er seine Beobachtung zu einer Zeit gemacht hätte, wo der sichtbare Theil der Sonnenscheibe auf die Hälfte, oder auf den dritten Theil u. s. w. reducirt war.

Short ist übrigens nicht der Einzige, welcher untersucht hat, ob die Umrisse der Mondscheibe während einer Sonnenfinsterniß nicht in einigem Abstande neben der Sonne wahrgenommen werden können. Bessel erzählt, daß 10 Secunden nach dem Augenblicke, wo die Finsterniß von 1836 in Königsberg beinahe ringförmig war, d. h. 10 Secunden nachdem er um den Mond den leuchtenden Ring wahrgenommen, von welchem sogleich die Rede sein wird, und den ich als die Region betrachtet habe, wo die Materie der leuchtenden Protu-

beranzen sich anhäuft, außerhalb der Sonne „keine Spur von dem Mondrande sichtbar war."

In der Abhandlung des Doctor Robinson über seine zu Armagh angestellte Beobachtung der nämlichen fast ringförmigen Finsterniß vom 15. Mai 1836 finde ich:

„Von der Peripherie des Mondes war außerhalb der Sonne keine Spur zu sehen."

Aus diesem historischen Ueberblicke geht hervor, daß kein früherer Astronom den Rand des Mondes in der Stellung und unter den Umständen entdeckt hat, in denen uns seine Beobachtung am 8. Juli 1842 gelungen ist.

Erinnert man sich der näheren Details der Beobachtung, so drängt sich folgende Reihe von Fragen zur Beantwortung auf:

Welches war die physische Ursache, infolge deren der Mond am 8. Juli 1842 in so großer Nähe der Sonnenscheibe sichtbar wurde?

Warum nahm diese Sichtbarkeit ab in dem Maaße, als man sich von der Peripherie der Sonne entfernte?

Weshalb war die Sichtbarkeit auf beiden Seiten der Sonnensichel nicht gleich?

Wie kam es, daß unter drei nahezu gleich starken Fernröhren nur ein einziges den Mondrand außerhalb der Sonne zeigte, so daß meine bereits angegriffenen Augen mit Hülfe des bevorzugten Instrumentes Etwas wahrzunehmen vermochten, was der Nachforschung zweier jungen, sehr geübten und von der Erscheinung unterrichteten Mitarbeiter entging, so lange sie sich anderer Fernröhre bedienten?

Ich wende mich zu den Betrachtungen, die wie mir scheint zu einer genügenden Lösung aller dieser Schwierigkeiten leiten.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß für die Mehrzahl der Menschen zwei erleuchtete Flächen neben einander sich nicht von einander unterscheiden, wenn die Differenz ihrer beiderseitigen Helligkeiten im Minimum nicht den 64. Theil beträgt.*) Diese Thatsache wird der Schlüssel unserer ganzen Erklärung.

---

*) Siehe den ersten Band der populären Astronomie, Buch 5, Kapitel 4, S. 169.

Wenn ein Fernrohr nach dem Himmel gerichtet ist, so erscheint sein Gesichtsfeld (nach dem Ausdrucke der Optiker) gleichförmig erleuchtet: es erzeugt sich alsdann in einer durch den Brennpunkt zur Axe des Objectivs senkrecht gelegten Ebene ein unbegrenztes Bild der Region der Atmosphäre, welche von der Gesichtslinie des Fernrohrs getroffen wird.

Nehmen wir nun an, daß in der Richtung des Fernrohrs ein Gestirn, d. h. ein sehr weit jenseits der Atmosphäre liegender Gegenstand sich befindet, so wird sein Bild nur dann sichtbar sein, wofern es die Intensität desjenigen Theiles des unbegrenzten Focalbildes der Atmosphäre, wo sein eigenes begrenztes Bild sich abzeichnet, wenigstens um den 64. Theil erhöht. Ohne diese Bedingung würde das Gesichtsfeld allenthalben seine frühere gleichförmige Intensität behalten.

Nach Aufstellung dieser Prämissen wenden wir uns zu dem speciellen Falle des Mondes.

Am 8. Juli 1842 empfing im Moment der Conjunction der beiden Himmelskörper die unseren Instrumenten zugekehrte Mondhemisphäre keine directen Sonnenstrahlen, sondern war nur von der Erde beleuchtet; sie konnte uns folglich kein anderes Licht zurücksenden, als das sogenannte aschfarbene, das seinen Namen seiner ungemeinen Schwäche verdankt. Gewiß betrug aber die Intensität des aschfarbenen Bildes der Mondscheibe, blos 40 Minuten nach Anfang der Finsterniß, nicht den 64. Theil von der Helligkeit, welche die erleuchtete Atmosphäre in der Nähe der Sonne besaß, wo das Bild des Mondes sich projicirte.

Man kann also nicht in dem aschfarbenen Lichte die Ursache suchen, welche den Mond am 8. Juli 1842 sichtbar machte: trotz dieses Lichtes hätte der Theil des Gesichtsfeldes im Fernrohre, wo das Bild unseres Satelliten sich abzeichnete, mit seiner Umgebung zusammenschmelzen müssen, wo blos das Bild der Atmosphäre vorhanden war.*)

*) Um keinen Zweifel über die Richtigkeit dieses Schlusses übrig zu lassen, und um zu zeigen, daß das aschfarbene Licht in keiner Weise der Grund für die Sichtbarkeit des Mondes zu einer Zeit sein konnte, wo die Finsterniß des 8. Juli 1842

Gehen wir einen Schritt weiter in unseren Betrachtungen.

Der Mond, als undurchsichtiger Körper, muß diejenigen Lichtstrahlen aufhalten, welche von weiter entfernten Gegenständen herkommend, ihn auf ihrer Bahn nach der Erde treffen. Solche Lichtstrahlen könnten z. B. von einer Stelle in der Milchstraße, oder von einem Nebelflecken, von dem Kopfe oder Schweife eines Kometen, vom Zodiacallichte, oder von irgend einem anderen Theile der Sonnenatmosphäre ausgehen.

Betrachten wir nun speciell den Fall, wo der Mond sich zum Theil auf die Atmosphäre der Sonne projicirt. An der Stelle im Gesichtsfelde des Fernrohrs, wo mathematisch gesprochen das Bild des Mondes erzeugt wird, kann einzig und allein solches Licht vorhanden sein, welches von der irdischen Atmosphäre herrührt, denn der Mond liefert keinen merklichen Beitrag, und hält sogar wie ein undurchsichtiger Schirm alle von weiter her kommenden, in seiner Richtung laufenden Strahlen auf. An den Punkten außerhalb der Mondscheibe, gleich vom Rande an, wird das Gesichtsfeld zugleich von dem Lichte der irdischen, sowie der Sonnenatmosphäre erleuchtet. Nehmen wir nun an, daß diese beiden Lichtquellen zusammengenommen die Intensität der Strahlen der Erdatmosphäre um mehr als den 64. Theil übertreffen, so wird von diesem Augenblicke an der Rand des Mondes sichtbar.

Die Art des Sehens, von welcher hier die Rede ist, kann man als ein negatives Sichtbarwerden bezeichnen, da in der That eine geringere Intensität an den Punkten im Gesichtsfelde des Fernrohrs, wo das Bild des Mondes sich befindet, die Ursache der Sichtbarkeit seiner Umrisse ist. Positiv würde die Erscheinung dann sein, wenn

---

noch nicht weit vorgeschritten war, füge ich noch hinzu, daß es mir nur mit außerordentlicher Mühe und nach sehr langer Zeit gelungen ist, in der Nacht eine sehr schwache Spur des Vollmondes zu entdecken, als ich unter denselben Umständen wie in Perpignan beobachtete, d. h. als ich mich desselben Fernrohrs, derselben Vergrößerung und des nämlichen gefärbten Glases, wie bei der Sonnenfinsterniß, bediente. Nun ist aber nicht allein das aschfarbene Licht mehrere tausend Mal schwächer, als das Licht des Vollmondes, sondern es war auch noch recht heller Tag, als wir in Perpignan den Mondrand neben der Sonne sahen.

das Bild intensiver wäre als das übrige Gesichtsfeld. Ich erwähne beiläufig, daß wir auf der Erde der dunkeln oder bewaldeten Berge am Horizonte auf negative Weise gewahr werden, während dagegen eine positive Sichtbarkeit gewöhnlich den mit Schnee bedeckten Gipfeln zukommt.

Die leuchtende Region, welche durch die angegebene Wirkungsweise den Rand des Mondes zu Perpignan, Digne und Toulon sichtbar hervortreten ließ, war meinem Dafürhalten nach die Strahlenkrone des Mondes, und zwar ist es für die hier zu übernehmende Rolle gleichgültig, ob die Corona auf einem optischen Vorgange beruht, oder ob sie als eine der materiellen Umhüllungen der Sonne, als ein Theil ihrer Atmosphäre anzusehen ist.

Wenn dies die wahre Ursache des Phänomens ist, so muß der Mondrand um so deutlicher hervortreten, je heller die entsprechende Stelle der Corona ist. Wird dies durch die Beobachtung bestätigt?

Alle Berichte stimmen in dem Punkte überein, daß die Corona während der totalen Verfinsterung sehr glänzend und in einer Breite von etwa 2 bis 3 Minuten von gleichförmiger Intensität war, hierauf nahm ihre Helligkeit rasch nach Außen zu ab. Der Mondrand aber hat sich bei der Beobachtung auf dem freien Himmelsgrunde, 40 Minuten nach Anfang der Finsterniß unter ganz analogen Umständen gezeigt: nahe bei der Sonne war er in einer gewissen Ausdehnung deutlich sichtbar, während man ihn weiterhin nur schwer wahrnahm.

Die Corona erschien während der totalen Verfinsterung an einigen Stellen von helleren und vergleichungsweise dunkleren Strahlenbüscheln durchschnitten, etwa wie die Glorien der Heiligen. Wo nun während der kurzen Zeit, in der wir uns mit der Aufsuchung des Mondrandes beschäftigen konnten, derselbe sich auf einem solchen dunkeln Strahlenbüschel projicirte, mußte seine Sichtbarkeit sich verringern.

Endlich hing die Sichtbarkeit der Mondscheibe von der Güte des Fernrohres ab, nicht zwar von der Güte im gewöhnlichen Verstande, sondern von einer ganz besonderen und versteckten Qualität, deren näheren Eigenschaften nachzugehen von Wichtigkeit ist. Ich bin dabei auf folgende theoretische Betrachtungen gekommen.

Wenn der Mond sichtbar ist, so muß sein teleskopisches Bild

wenigstens um den 64. Theil schwächer sein, als das teleskopische Bild der umgebenden atmosphärischen Regionen. Denken wir uns nun vor dem Objective des Fernrohrs ein die Oeffnung desselben verkleinerndes Diaphragma aufgestellt, so wird diese Blendung das dem Bilde des Mondes correspondirende atmosphärische Licht in demselben Maaße abschwächen, als die rings um dieses Bild sich vereinigenden Strahlen. Es wird daher die Intensität des letzteren die Helligkeit des Mondbildes wie vorhin um den 64. Theil übertreffen, dergestalt, daß nach der Verkleinerung der Objectivöffnung vermittelst des Diaphragmas die Umrisse des Mondes eben so deutlich hervortreten, wie vorher.

Dagegen würde der Verlauf ein anderer sein, wenn man, statt die Oeffnung des Fernrohrs mittelst eines undurchsichtigen Körpers zu vermindern, ein mattes Glas vor denselben Theil des Objectivs gebracht hätte. Alsdann würden die von dem gedachten Glase aufgefangenen Sonnenstrahlen zum großen Theile eine gleichförmige Zerstreuung in der ganzen Ausdehnung des Gesichtsfeldes des Fernrohrs erfahren, d. h. ebensowohl über die vom Bilde des Mondes eingenommene Stelle, als über die Punkte, wo sich nur die Atmosphäre abbildet. Bemerkt man nun, daß wenn man zwei Zahlen um den nämlichen Betrag vergrößert, ihr geometrisches Verhältniß ein anderes wird, so ist der verlangte Nachweis geführt.

Als wir den Glanz der Atmosphäre auf 65, den des Mondes auf 64 setzten, so betrug der ursprüngliche Unterschied beider Werthe ein Vierundsechszigstel, wie die Bedingung des Sichtbarwerdens erfordert; aber wenn unter dem Einflusse des mattgeschliffenen Glases der [relative] Werth jeder dieser Helligkeiten etwa um 10 Einheiten zugenommen hat, so daß die Intensität der Atmosphäre auf 75, die des Mondes auf 74 steigt, so wird die jetzige Differenz beider nur noch den 74. Theil betragen und nicht mehr ausreichen, um die Begrenzung des Mondes sichtbar zu machen.

Ist diese Wirkung einer mattgeschliffenen Glastafel, oder allgemeiner eines Licht zerstreuenden Schirmes festgestellt, so wird zur Erklärung des Umstandes, wie die Instrumente der Herren Laugier und Mauvais eine Erscheinung nicht wahrnehmen ließen, welche in meinem Fernrohre so deutlich hervortrat, die Annahme genügen, daß die beiden

Linsen des Objectivs in letzterem reiner und an ihren äußeren und inneren Flächen besser geputzt waren, als die vier entsprechenden Oberflächen bei den Objectiven der anderen Fernröhre. Die zerstreuende Wirkung des Staubes, sowohl im trockenen Zustande als bei seiner Mischung mit etwas Feuchtigkeit, wird in der That allen Physikern bekannt sein. Auch könnte die größere oder geringere Durchsichtigkeit der Glasmasse, die mehr oder minder blasige Beschaffenheit der Linsen hierbei in Betracht kommen, indessen überlassen wir diese Einzelnheiten dem Scharfsinne des Lesers.

Wie es auch um die gegebene Erklärung stehen möge, die Thatsache bleibt sicher, daß der Mond in Stellungen wahrnehmbar ist, wo man seit hundert Jahren nicht einmal den Versuch gemacht hatte, ihn zu sehen. Die Astronomen werden also zum Behufe der Untersuchung, ob die Mondtafeln für die Tage der Conjunction ebenso genau sind, als für die Viertel, die Octanten, die Vollmonde u. s. w., fortan nicht mehr auf die Beobachtung der Finsternisse allein angewiesen sein.

Um das erhaltene Resultat kurz auszusprechen: während der Sonnenfinsterniß des Jahres 1842 wurde in dem Augenblicke, wo die Hälfte der Sonnenscheibe vom Monde bedeckt war, der Theil des letzteren sichtbar, welcher sich nicht auf die Sonne projicirte. Dieses Phänomen läßt sich nach meiner Ansicht mit der von den Optikern sogenannten negativen Sichtbarkeit vergleichen, vermöge deren wir z. B. sehr entfernte Berge wahrnehmen, welche sich auf die etwas mehr Licht zurückstrahlende Atmosphäre als dunkle Gegenstände projiciren. In unserem Falle überwiegt die den dunkeln Mondkörper umgebende Region des Himmels an Helligkeit die dem Orte des Mondes entsprechende atmosphärische Intensität in Verbindung mit dem aschfarbenen Lichte, und zwar vermöge des Lichtes der Corona, obwohl dieselbe alsdann nicht für sich sichtbar ist.

Hr. Kutczycki, unbekannt geblieben mit der von mir angestellten Discussion der bei der Finsterniß von 1842 gewonnenen Ergebnisse, hat im Jahre 1850 zu Honolulu keine der perpignaner Wahrnehmung analoge Beobachtung gemacht.

Wir empfehlen den Astronomen, welche unsere Beobachtung zu wiederholen Gelegenheit haben, um die aufgestellte Erklärung zu be-

stätigen oder zu widerlegen, ihr Augenmerk darauf zu richten, ob der Mond sich in der die Sonne umgebenden Atmosphäre wie auf einem hellen oder einem dunkeln Grunde zu projiciren scheint.

Achtzehntes Kapitel.

Ueber die undulatorische Bewegung, welche kurze Zeit vor und kurze Zeit nach der totalen Verfinsterung eintritt, so lange das sichtbare Sonnensegment eine sehr geringe Breite hat.

Bei aufmerksamer Prüfung von Flächen, welche die Sonne voll beschien, hatte ich häufig bemerkt, daß an gewissen Stellen, bald hier bald da, momentan plötzliche Intensitätsveränderungen auftraten, ohne Regelmäßigkeit zwar, aber sehr augenfällig. Offenbar waren diese Helligkeitsunterschiede Wirkungen besonderer Bewegungen in den von den Sonnenstrahlen durchlaufenen atmosphärischen Schichten, und wurden durch den Einfluß gewisser Strömungen von verschiedener Temperatur, Dichtigkeit und Brechbarkeit hervorgerufen. Hierin liegt in größter Allgemeinheit der Grund der Erscheinung, die Erklärung im Großen und Ganzen. Es bleibt noch das Studium der einzelnen Umstände, die Prüfung, welche eine irrthümliche physikalische Theorie niemals besteht. Hier erheben sich Schwierigkeiten von allen Seiten; ein dem Anscheine nach so einfaches Phänomen scheint zum Theile wenigstens mit den feinsten Eigenschaften des Lichtes in Verbindung zu stehen. Dieser mit Recht oder Unrecht vorausgesetzte Zusammenhang führte in meinen Augen auf eine wichtige Folgerung: jene Wirkungen mußten um so häufiger und um so schärfer hervortreten, je kleiner der scheinbare Durchmesser des sichtbaren Sonnensegmentes wurde. Dieser Gedanke kam mir in Erinnerung, als ich, nach bereits erfolgter Ankunft in Perpignan, die Bereitwilligkeit und die hülfreichen Anerbietungen mehrerer von meinen Landsleuten nützlich zu verwerthen gedachte. Um zu vermeiden, daß die Beobachtung der undulatorischen Bewegung, deren ich so eben erwähnte, und auf welche ich die Aufmerksamkeit meiner Mitarbeiter zu lenken beabsichtigte, nicht durch vorgefaßte Vorstellungen beeinflußt wurde, hielt ich es für zweck-

mäßig, in Betreff der erwarteten Resultate keine vorherige Andeutung zu geben. Ich beschränkte mich darauf zu sagen, man möge einige Augenblicke vor dem Verschwinden und ebenso nach dem Wiedererscheinen der Sonne, den Blick auf eine dem Sonnenscheine ausgesetzte Wand richten, und genau auf die wahrzunehmenden Erscheinungen achten. Folgendes ist eine Stelle aus einem, den Tag nach der Finsterniß, am 9. Juli von Hrn. Fauvelle an mich gerichteten Schreiben:

„Als die Finsterniß eben total werden sollte, sah ich auf der weißen Mauer eines Militärgebäudes auf dem Wall St. Dominique die letzten Strahlen der Sonne heftig und mit lebhafter Geschwindigkeit unduliren. Ich möchte den Vorgang etwa mit der Erscheinung vergleichen, wenn die Strahlen der Sonne auf eine Wand oder eine Decke fallen, nachdem sie von einer bewegten Wasserfläche zurückgestrahlt worden sind.

„Dasselbe Phänomen wiederholte sich im Augenblicke des Austritts der Sonne. Die anfangs starken Undulationen ließen allmälich nach und verschwanden nach Verlauf von 5 bis 6 Secunden vollständig.

„Die Beobachtung wurde an drei verschiedenen Punkten von etwa zwanzig Personen gemacht, die ihr Zeugniß zur Bestätigung ablegen können.“

Von der Citadelle in Perpignan hatten wir nur den Blick auf ziemlich entfernte Backsteinmauern, welche zur Wahrnehmung der Bewegungen dunkler und heller Streifen sich wenig eigneten. Auch die Façade des großen Thurmes selbst war wegen der verschiedenen Farbe der zur Bekleidung dienenden Steine, so wie wegen der Entfernung wenig günstig. Jedoch erschien uns diese Façade während der 8 oder 10 Secunden, die wir persönlich dieser Art von Beobachtungen widmen konnten, obgleich der Himmel sehr rein war, von einem eigenthümlich schwankenden Lichte erleuchtet.

In dem Berichte, welcher Hr. Eugen Bouvard nach seiner Rückkehr von Digne mir übergab, finde ich die folgende Note eines sehr unterrichteten Geistlichen, des Hrn. Savournin zu Seyne.

„Man bemerkte hier Schatten und helle Flecken, die sich einander zu jagen schienen, wie die Schatten kleiner Wolken, welche successive vor der Sonne vorüber ziehen. Diese Flecken hatten nicht die nämliche

Farbe: sie waren theils roth, theils gelb, blau und weiß. Die Kinder liefen ihnen nach und suchten sie mit der Hand zu fangen.

„Diese auffallende Erscheinung wurde nur einige Augenblicke vor dem vollständigen Verschwinden der Sonne wahrgenommen.“

Hr. August Attenour in Salon schrieb mir noch am Tage der Finsterniß einen Brief, aus dem ich wörtlich Folgendes anführe:

„ . . . Um die Finsterniß besser zu beobachten, hatte ich mich auf eine kleine, die Stadt beherrschende Anhöhe begeben; der Himmel war heiter, und ein schwacher Nordwestwind (der Mistral), von ziemlicher Frische für die Jahreszeit, war zu fühlen, als ich, ebenso wie die einzige Person in meiner Begleitung, sehr deutlich eine leichte Undulation in der Luft wahrnahm, die um uns der Richtung des Windes folgte. Diese Bewegung war mit dem Oscilliren nicht zu vergleichen, welches die Wärmeausstrahlung über einem stark erhitzten metallischen Körper hervorbringt, oder wie man in der Mittagsstunde eines heißen Sommertages einige Centimeter über dem Boden der Ebene von la Crau [campi lapidei] sieht. Das auffallend und deutlich wahrnehmbare wellenförmige Schwanken in der Luft erinnerte vielmehr an die Bewegung einer in einem großen Bassin demselben Winde ausgesetzten Wasserfläche, auf welcher sich einige langgestreckte Wellen bilden, die schnell auf einander folgen. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich nach dem plötzlichen Wiedererscheinen der Sonne und dauerte nur wenige Secunden.

„Mehrere Personen, denen ich meine Bemerkung mittheilte, haben die nämliche Wahrnehmung gemacht, und wir können jetzt kühn sagen, daß wir den Wind haben vorüber gehen sehen.“

Ich stelle das von Hrn. Attenour beschriebene Phänomen unbedenklich in eine Reihe mit den zu Perpignan und zu Seyne beobachteten. Es scheint mir in der That selbstverständlich, obgleich der Brief es nicht ausdrücklich sagt, daß die fragliche Beobachtung gemacht worden ist, indem Hr. Attenour seinen Blick auf den Boden oder auf eine Wand heftete. Sollten die beschriebenen Undulationen wirklich beim Blicken in die Luft gesehen worden sein, so würde die Erscheinung, ohne darum ihren Charakter zu ändern, eine besondere Discussion verdienen.

Ueber die in Alais angestellten Beobachtungen hat Hr. d'Hom-

bres-Firmas einen Bericht veröffentlicht. In demselben steht, daß die Finsterniß in der genannten Stadt nicht total war, da ein Segment der Sonnenscheibe ungefähr von der Breite eines Fünftel Zolles noch sichtbar blieb; daß aber die auf der Terrasse des Forts, auf dem Marschallsplatze, oder auf der Hauptstraße befindlichen Personen, so wie die in der Nähe hoher und breiter Façaden Stehenden Zeugen eines merkwürdigen Phänomens waren. „Abwechselnd helle und schattige Streifen von großer Länge, parallel und von Westen nach Osten gerichtet, kamen auf dem Erdboden oder an den Gebäuden wie die Falten eines ungeheuern Vorhanges zum Vorschein; sie schienen wellenförmig fortzurollen . . ., und waren um so auffallender, je schmaler das sichtbare Sonnensegment wurde.“ Um jeden Zweifel über die Bedeutung der Worte abwechselnde Licht- und Schattenstreifen unmöglich zu machen, erklärt Hr. d'Hombres-Firmas, daß er darunter leuchtende Linien oder Streifen auf einem schattigen Grunde verstehe.

Eine kleine Brochure, welche der frühere Director des Museums in Avignon, J. Guérin herausgegeben hat, enthält unter der Ueberschrift „Eine merkwürdige Erscheinung“ einen Abschnitt, woraus ich mir einige Zeilen hier anzuführen erlaube:

„Mehrere Personen bemerkten mit außerordentlicher Ueberraschung bei ruhigem und wolkenlosem Himmel, während der ersten auf das Wiedererscheinen der Sonne folgenden Secunden, leichte Schatten, welche rasch auf einander folgten und mit einem Anschein von Schwanken von Norden nach Süden getrieben wurden. Sie fielen hauptsächlich an ebenen und offenen Orten in die Augen.

„. . . . Diese Schatten hatten einige Aehnlichkeit mit den sehr oberflächlichen Wellen eines Sees, welche parallel und mit Schnelligkeit fortgetrieben werden.“

Die Aufsätze der Herren Lenthéric zu Montpellier, so wie Pinaud und Boisgiraud zu Toulouse enthalten zwei interessante, auf dieselbe Erscheinung bezügliche Stellen:

„Kurze Zeit vor dem Beginne der totalen Verfinsterung, sagt Hr. Lenthéric, gewahrte man auf dem Erdboden und an den Wänden undulirende Schatten, die aus einer Reihe von Bögen von 3 bis 4 Decimeter Länge und weit geringerer Breite zu bestehen und sich um sich

selbst zu drehen schienen. Der hervorgebrachte Effect war mit dem Anblicke der beweglichen Schatten zu vergleichen, welche auf dem Grunde eines mit klarem Wasser gefüllten Bassins von geringer Tiefe entstehen, wenn die Sonne auf die leicht bewegte Oberfläche scheint."

Die Bemerkungen der Herren Pinaud und Boisgiraud lauten wörtlich:

„Einige Minuten vor Eintritt der totalen Verfinsterung kamen an der Mauer des gothischen Thurmes (an der Kathedrale zu Narbonne) unbestimmte und bewegliche Schatten zum Vorschein, wie wenn eine Rauchwolke zwischen der Sonne hindurchzöge. Sie schritten mit ziemlicher Geschwindigkeit vorwärts, und in einer vom Winde abweichenden Richtung. Auch an anderen Orten der Stadt wurden diese Schatten von den Leuten bemerkt. Sie begannen erst dann sichtbar zu werden, als das sie erzeugende Licht hinreichend geschwächt war. Man hat sie ohne Zweifel denselben Dunstströmungen zuzuschreiben, welche die Ursache der undulirenden Bewegungen an den Umrissen des sichtbaren Theiles der Sonnenscheibe bildeten, deren Vorhandensein wir nachgewiesen haben."*)

Der Leser wird mit Recht verwundert sein, daß meine Aufzählung hier mit den in Frankreich gemachten Beobachtungen abschließt. In der That erscheint es auffallend, daß ein in Perpignan, in Narbonne, Montpellier, Salon, Toulon, Seyne, Alais, Visan mit solcher Evidenz beobachtetes Phänomen an den zahlreichen Orten von Italien, Deutschland, und Rußland, nach denen so viele geschickte Personen sich begeben hatten, nicht gesehen worden sein sollte. Nicht weniger zu verwundern ist das Stillschweigen der früheren Astronomen in Betreff der Lichterscheinungen, die im Jahre 1842 so auffällig waren, daß sie den Kindern zum Vergnügen dienten. In der Absicht, den gegenwärtigen Abschnitt so wenig unvollständig als möglich zu lassen, habe ich die Sammlung der akademischen Schriften Seite für Seite durchlaufen, und dabei nur eine einzige analoge Beobachtung wie bei der

*) Keppler glaubte einst an dem Lichte, welches vom Planeten Venus auf die Wand seines Zimmers fiel, außerordentliche Bewegungen wahrzunehmen. Diese Beobachtung kann von analoger Beschaffenheit mit dem im Texte Angeführten sein.

Finsterniß von 1842 entdecken können; noch dazu sehe ich mich leider außer Stande, dieselbe hier mitzutheilen, da mir das Notizblatt, worauf ich sie aufgezeichnet, abhanden gekommen ist.

Die charakteristische Eigenschaft des Phänomens, auf welches ich die Aufmerksamkeit der Astronomen habe lenken wollen, ist in der Ueberschrift zu diesem Kapitel angezeigt: die beweglichen Lichterscheinungen treten nur in dem Falle deutlich hervor, wo das sichtbare Segment der Sonnenscheibe, d. h. wo der leuchtende Theil sehr geringe Dimensionen besitzt.

Durch diesen Umstand steht das Phänomen rücksichtlich seines inneren Grundes mit der Scintillation der Sterne in Beziehung: es ist eine Wirkung der Interferenzerscheinungen. Dasselbe gilt von der zu Seyne beobachteten Färbung. Die Intensitätsänderungen, welche ich auf Flächen im vollen Sonnenscheine — d. h. wenn kein Theil der Sonnenscheibe verdeckt war — beobachtet habe, scheinen mehr in directer Verwandtschaft zu den physischen Umständen zu stehen, welche die Luftspiegelung hervorrufen. Wie dem auch sei, so würde man heute eine ins Einzelne gehende Erklärung dieser verschiedenen Erscheinungen nur auf mehr oder minder hypothetische Weise zu geben vermögen. Es ist vor Allem nöthig, eine methodische Reihe von Beobachtungen bei variabeln Bruchtheilen der Sonnenscheibe anzustellen. Es wird zweckmäßig sein, bei der Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse das Zeitintervall anzumerken, welches zwischen dem Augenblicke des vollständigen Eintritts oder des Austritts, und der Zeit verfließt, wo diese eigenthümlichen Erscheinungen aufhören sichtbar zu sein.

Neunzehntes Kapitel.

Von der Polarisation des Lichtes der Corona während einer Sonnenfinsterniß.

Als ich einige Zeit vor der Finsterniß von 1842 Instructionen über die hauptsächlichsten Phänomene veröffentlichte, welche mir für die Erforschung von Seiten der Astronomen vorzugsweise wichtig zu sein schienen, hatte ich mich folgendermaßen ausgedrückt:

„Es ist nicht wahrscheinlich, daß das Licht der den Mond umgebenden Strahlenkrone Spuren von Polarisation verräth; indeß wird es nützlich sein, sich durch Anwendung des Polariskops direct davon zu überzeugen.“

Diese Stelle war nicht deutlich genug: dadurch, daß ich zum Voraus ein negatives Resultat angab, habe ich vielleicht zu meinem großen Bedauern manche Beobachter abgehalten, sich mit der angedeuteten Untersuchung zu beschäftigen. Wie dem auch sein möge, ich lasse hier die getreue Darstellung unserer sehr kurzen Versuche in Perpignan folgen:

Von der Betrachtung des prächtigen Schauspiels, das sich vor unseren Blicken entrollte, und dessen Dauer höchstens zwei und eine viertel Minute betragen sollte, ganz in Anspruch genommen, dachte ich nicht mehr an die Polarisation des Lichtes. Endlich kam mir dieser Umstand in das Gedächtniß, als nur wenige Secunden noch bis zum Ende der totalen Verfinsterung übrig waren. Es war keine Zeit zu verlieren: ich ergriff sofort eines meiner Polariskope, und überreichte Hrn. Victor Mauvais ein nach Savart construirtes. Indem ich die Umgebung der leuchtenden Corona, diese selbst, und endlich die Region der Atmosphäre, welche sich auf die Mondscheibe projicirte, mit meinem Instrumente der Untersuchung unterwarf, erblickte ich überall die beiden Segmente von complementären Farben erglänzend. Dies war ein untrügliches Zeichen für das Vorhandensein polarisirter Strahlen in dem ganzen der feinen Analyse des Instruments unterworfenen Lichtbündel. Doch fehlte es mir an Zeit, die Beobachtungen weiter fortzusetzen; es war mir nicht möglich, die Stärke der Polarisation in dem von der Corona ausgehenden Lichte, so wie in den beiden vergleichungsweise dunkeln Regionen, zwischen denen die Corona glänzte, einer numerischen Schätzung zu unterwerfen. Da diese numerischen Bestimmungen fehlen, so sehe ich mich außer Stande, nach meinen Beobachtungen zu entscheiden, ob das Licht der Corona selbstständig polarisirt war oder nicht; denn die gefundene Polarisation konnte eine Folge der Vermischung des vielfältigen Reflexionen ausgesetzten atmosphärischen Lichtes mit den directen Strahlen der Corona sein. Wenn die Rolle, welche diese vielfältigen Reflexionen in der Vertheilung und der

Polarisation des atmosphärischen Lichtes spielen, nicht schon auf schlagende Weise aus meinen früheren Untersuchungen hervorginge, so könnte man aus den Beobachtungen, von denen hier die Rede ist, ihre ganze Wichtigkeit ermessen. In der That haben wir während der Dauer der totalen Finsterniß gesehen, daß vermöge der vielfältigen oder secundären Reflexionen polarisirte Lichtstrahlen bis in die Richtung der Gesichtslinien gelangten, welche ohne den dazwischenstehenden Mondkörper direct die Sonne getroffen haben würden.

Ich lasse jetzt die Beobachtungen des Herrn Mauvais folgen:

„Während der totalen Verfinsterung habe ich das sogenannte Savart'sche Polariskop auf den Mond und seine Strahlenkrone gerichtet, und allenthalben farbige Streifen wahrgenommen. Das Maximum der Intensität entsprach der horizontalen Lage dieser Streifen; dieselben waren auf der Corona und außerhalb derselben sehr lebhaft, traten aber auf der Mondscheibe selber in geringerem Grade hervor. Doch sah man sie immer noch unzweideutig."

Angenommen, daß die Beobachtung meines Collegen durch keine optische Täuschung getrübt worden ist, und daß die Streifen in der Richtung der Corona wirklich lebhafter waren, als vor der Mondscheibe, so muß das Licht dieses Strahlenkranzes gegen meine Erwartung in der That selbstständig polarisirte Strahlen enthalten haben! Ich weiß sehr wohl, daß in dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse eine solche Polarisation mit der Erklärung der Corona, welcher die competenten Astronomen am meisten beizustimmen geneigt sind, schwer in Einklang zu bringen sein dürfte; allein habe ich nicht selbst während der letzten totalen Mondfinsterniß in dem röthlichen secundären Lichte, wovon die Mondscheibe erleuchtet war, eine merkliche Polarisation nachgewiesen, für welche nicht minder schwer Rechenschaft zu geben ist, wenn man die Erklärung bis zur numerischen Werthbestimmung fortsetzen will?

Der Aufsatz der Herren Pinaud und Boisgiraud enthält die folgenden vier Zeilen:

„Wir haben keine Spur von Polarisation in dem Lichte des Strahlenkranzes wahrgenommen, der den Mondrand während der

totalen Verfinsterung umgab. Das auf die Corona und ihre Umgebung gerichtete Polariskop lieferte keine merkbare Färbung."

Hierzu läßt sich allerdings Nichts weiter sagen, als daß im geraden Gegentheil zu Perpignan zwei mit ganz verschiedenen Instrumenten ausgerüstete Astronomen die Farben mit voller Bestimmtheit wahrgenommen haben, von denen die Beobachter in Narbonne keine Spur gesehen haben wollen.

Unter den zahlreichen Berichten, welche ich mit der aufmerksamsten Sorgfalt durchgesehen habe, finde ich nur noch einen einzigen, in welchem das Wort Polarisation überhaupt vorkommt. In der von Hrn. Majocchi veröffentlichten Darstellung liest man, daß der Professor der Mathematik in Mailand, Hr. Alberto Gabba, mit allen erforderlichen Polarisationsapparaten versehen, sich überzeugte, „daß das Licht der Corona der Polarisation fähig war" (la luce dell'anello d'argento è suscettibile d'essere polarizzata). Wenn Hr. Gabba durch mein Programm von 1842 zu seinem Versuche veranlaßt worden sein sollte, so habe ich um Entschuldigung zu bitten, daß ich mich nicht klarer und ausführlicher ausgedrückt habe. In der That bestand die Frage, um deren Entscheidung es sich handelte, darin, ob das Licht der Corona polarisirt sei, wenn die Strahlen ohne jedes Zwischenmittel zum Auge des Beobachters gelangen, und keineswegs in einer Untersuchung, ob die gewöhnlichen Polarisationsmittel, welche auf alle bekannten Lichtarten des Himmels wie der Erde anwendbar sind, gleichfalls wirksam bleiben, wenn man das Licht der Corona dadurch prüft. Ich wage zu behaupten, daß über diese letztere Seite der Frage bei keinem Physiker eine Ungewißheit obgewaltet hat.

Die von Herrn Kutczycki bei seiner Beobachtung der Finsterniß von 1850 zu Honolulu bemerkte Polarisation des Lichtes der Protuberanzen kann bei der Unbestimmtheit der die Beobachtung begleitenden Umstände nicht wohl zu einem sicheren Resultate führen. Es ist in der That möglich, daß diese Polarisation nur eine eingebildete, und durch die reelle oder scheinbare Polarisation der Corona, auf welche die Protuberanzen sich projicirten, herbeigeführt war. Die von den Herren Dunkin, Carrington, d'Abbadie während der Sonnenfinsterniß von 1851

angestellten Beobachtungen*) sind gleichfalls nicht ausreichend, um das aufgestellte wichtige Problem zu beantworten. Ein systematisches Studium der Polarisationserscheinungen scheint den künftigen Beobachtern totaler Finsternisse ganz besonders an das Herz zu legen sein.

Ich habe die im Jahre 1842 im Lichte der Corona sowohl als in der Richtung des dunkeln Mondkörpers beobachtete Polarisation aus der Polarisation des atmosphärischen Lichtes abgeleitet, das durch wiederholte Reflexionen in die Region unseres Satelliten gebracht worden. Es ist wahr, daß diese Erklärung nicht mit der Schätzung des Herrn Mauvais übereinstimmt, welcher das Maximum der Polarisation auf der Corona und einen geringeren Grad auf dem Monde selbst fand.

Die Anwendung meines Polarimeters wird in Betreff dieses Punktes jeden Zweifel zu heben gestatten. Man wird erstens zu untersuchen haben, ob die Polarisation an allen Punkten des Umkreises der Corona in parallelen Ebenen vor sich geht, in welchem Falle die Segmente im Polarimeter dieselbe Färbung beibehalten müssen, nach welchem Punkte man das Instrument auch richten möge, so lange man demselben bei den verschiedenen Beobachtungen keine Drehung um sich selbst mittheilt; zweitens hat man bei successiver Betrachtung der Strahlen der Corona und des zwischen dem Monde und dem Beobachter befindlichen Lichtes, den Winkel zu bestimmen, unter welchem die Glasplattensäule des Polarimeters die Farben der Segmente zum Verschwinden bringt. Es ist klar, daß, wenn die Neigung der Säule (von der Normale an gezählt), welche der genannten Neutralisation entspricht, bei der Prüfung des Lichtes der Strahlenkrone größer ist, als wenn man die Röhre nach dem Monde richtet, daraus der Schluß zu ziehen ist, daß das Licht der Corona eine eigenthümliche Polarisation besitzt, ihre scheinbare Polarisation also nicht die einfache Folge einer Vermischung mit dem partiell polarisirten Lichte der Atmosphäre ist. Dieses Resultat würde äußerst wichtig sein, kann aber nur auf dem angedeuteten Beobachtungswege sicher gestellt werden.

Ich will bei dieser Gelegenheit daran erinnern, daß ich während der totalen Mondfinsterniß vom 31. Mai 1844 deutliche Spuren der

---

*) Siehe den dritten Band der populären Astronomie, S. 484.

Polarisation in dem röthlichen Lichte wahrnahm, welches gerade im Augenblicke der Conjunction über die Mondscheibe verbreitet war. Die Polarisationsbeobachtungen, spreche ich wiederholt aus, scheinen mir die erste Stelle unter allen Untersuchungen einzunehmen, welche den zukünftigen Beobachtern totaler Finsternisse anzuempfehlen sind.

Vielleicht möchte es sich als zweckmäßig herausstellen, wenn mehrere Astronomen an einem Punkte vereinigt sind, daß man sich planmäßig in die Arbeit theilte. Keinenfalls hat man überflüssige Zeit, um während der kurzen Dauer, die eine totale Verfinsterung überhaupt haben kann, mit Genauigkeit und hinlänglicher Sicherheit die Polarisationsbeobachtungen anzustellen, welche ich als wünschenswerth bezeichnet habe.

Zwanzigstes Kapitel.

Ueber die röthlichen Hervorragungen, welche sich während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 an verschiedenen Punkten des Mondrandes gezeigt haben.*)

Ich richtete unlängst an den Director der Sternwarte von Greenwich die Frage, was er von den röthlichen Flammen denke, welche von verschiedenen Punkten des Mondrandes während der Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 hervorzukommen schienen. „Wenn ich aufrichtig sprechen soll", antwortete mir der gefeierte Astronom, „so glaube ich nicht, daß eine genügende Erklärung dafür gegeben worden ist."

Eine Erscheinung, welche der durchdringende Scharfsinn von Hrn. Airy nicht zu enträthseln verstanden, verdient mit der größten Ausführlichkeit geschildert zu werden. Zugleich hoffe ich einer Pflicht zu genügen, wenn ich den Astronomen die Mühe erspare, die es mir gekostet, um die zahlreichen und mannichfaltigen Zeugnisse zu sammeln,

---

*) Die röthlichen Lichterscheinungen, von denen in diesem Kapitel die Rede sein wird, sind als Hervorragungen, Protuberanzen, Flammen, Wolken, Berge bezeichnet worden. Wir werden uns aller dieser Benennungen ohne Unterschied bedienen, unter dem Vorbehalte, später die eigentliche Beschaffenheit des Phänomens ins Auge zu fassen.

welche sich in diesem Kapitel zusammengestellt finden. Ueberall wo es der Gegenstand zu erfordern schien, habe ich die eigenen Worte der Beobachter, oder die treue Uebersetzung des Wortlautes angeführt.

§ 1. — In Frankreich gemachte Beobachtungen.

Perpignan.

Als ich ohne Einschaltung gefärbter Gläser durch mein Fernrohr von 91 Millimeter Oeffnung und mit 56facher Vergrößerung blickte, und die beiden leuchtenden Protuberanzen, welche aus dem untersten Rande der Mondscheibe (das Fernrohr kehrte die Bilder der Gegenstände um) hervorzutreten schienen, zuerst zu Gesicht bekam, bildeten dieselben bereits eine starke Hervorragung, an deren Größe ich keine Veränderung bemerkte. Ihre Farbe war im Allgemeinen rosa, und an einigen Punkten, vielleicht vermöge einer Contrastwirkung, grünlich blau.

Die Umrisse dieser Protuberanzen zeichneten sich vollkommen scharf ab; an der größten bemerkte ich zur Linken eine Stelle, welche durch eine nach Außen stark concave Curve begrenzt war. Es kam mir vor, als wenn weder die eine noch die andere eine senkrechte Richtung gegen die Peripherie des Mondes besäße: man erhielt den Eindruck von Bergen, die jeden Augenblick einstürzen mußten.

Nach meiner Schätzung betrug die Winkelgröße der beträchtlicheren Hervorragung, im Sinne ihrer Länge genommen, ungefähr eine Minute.

Die Bemerkungen von Hrn. Laugier stimmen in allen Punkten mit den im Vorstehenden Enthaltenen überein; nur schien ihm die Dimension der Hauptprotuberanz etwas größer.

Hr. Victor Mauvais hatte den Mondrand zufällig etwas früher als wir untersucht, und gewahrte die Protuberanzen, als sie zu entstehen anfingen. Aus dem geschriebenen Tagebuche Mauvais' ziehe ich wörtlich die auf das geheimnißvolle Phänomen bezügliche Stelle aus:

„Als ich einige Secunden nach Anfang der totalen Verfinsterung die Breite der leuchtenden Strahlenkrone zu messen suchte, sah ich am unteren Rande des Mondes einen röthlichen Punkt auftreten, der noch keine merkliche Hervorragung zu bilden schien.

„56 Secunden nach dem Verschwinden der Sonne ging der eben beschriebene röthliche Punkt in zwei violett-rothe und in ihren Umrissen vollkommen scharf begrenzte Hervorragungen über, von der Gestalt zweier aneinanderstoßenden Berge. Die Färbung war nicht gleichmäßig, an ihren Seiten sah man dunklere Stellen. Ich kann keine genauere Beschreibung von dem Anblicke geben, als wenn ich die von der untergehenden Sonne beschienenen, aus großer Ferne gesehenen Alpenspitzen damit vergleiche. 1 Minute 10 Secunden nach der totalen Verfinsterung sah man einen dritten Berg links von den beiden ersteren, in Bezug auf die Farbe ebenso beschaffen. Zur Seite erschienen noch einige kleinere Bergspitzen, aber sämmtlich mit vollkommen scharfer Begrenzung.

„Während des Heraustretens dieses dritten Berges hörten die beiden frühern nicht auf zu wachsen; sie erreichten eine Höhe, die nach meiner Schätzung etwa 2 Minuten betrug.

„Der zwischen den beiden Gruppen enthaltene Raum mochte auf dem Monde etwa einem Bogen von 25 Graden entsprechen. Die beträchtlichere Gruppe, die westlichere dem Anscheine nach, schien nur einige Grade links von dem tiefsten Punkte der Mondscheibe zu sein."

Hr. Mayette, Hauptmann vom Geniecorps, beobachtete die Finsterniß zu Perpignan durch ein Fernrohr mit 27facher Vergrößerung. In der geschriebenenen Notiz, welche mir der genannte Officier übergeben hat, steht:

„Ueber dem oberen Theile der Mondscheibe (das Fernrohr war ein terrestrisches) erschienen schöne Garben von rothen, unbeweglichen Flammen, mit sehr deutlichen und scharf begrenzten Umrissen. Die nördliche Garbe war nach dem Rande des Mondes zu geneigt ... Ich konnte die Garbe im Norden noch einige Augenblicke nach dem Austritte der Sonne sehen."

In Perpignan erblickten mehrere Personen die Protuberanzen mit bloßem Auge; das Factum ist nicht zweifelhaft.

Montpellier.

Mein geehrter Freund Petit, Director der Sternwarte von Toulouse, hatte sich auf meine Bitte nach Montpellier begeben, und beob-

achtete die Finsterniß durch ein achromatisches Fernrohr von Cauchoir, von 95 Millimeter Oeffnung und mit 80facher Vergrößerung. In folgenden Worten erzählt er das Auftreten der leuchtenden Protuberanzen:

„Die beiden unteren rothen Punkte zeigten sich zuerst, der (scheinbar) westliche vor dem anderen. Sie wuchsen nach und nach, aber sehr rasch, gleich vollkommen begrenzten, hinter der Mondscheibe hervortretenden Gegenständen. Der weiter rechts am Endpunkte des horizontalen Durchmessers gelegene Punkt entwickelte sich etwas später, und gleichfalls mit großer Schnelligkeit. Die Form dieser Hervorragungen ließ sich mit dem Aussehen hoher Bergspitzen vergleichen, welche durch ein rothes Glas gesehen werden, und in ihren Seiten verticale Thaleinschnitte zeigen. Besonders war der eine dieser Miniaturberge von rothen Strichen wie mit Furchen bedeckt, die etwas dunkler als das übrige Bild erschienen."

Mit Hülfe eines im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Oculars angebrachten festen Fadennetzes, fand Hr. Petit 1 Minute 45 Secunden für die Angulargröße der höchsten von den drei Protuberanzen.

Die Bestimmung Petits scheint mir als das Ergebniß einer wahren Messung betrachtet werden zu müssen. Jedenfalls darf man sie nicht mit den so unsicheren Angaben vermengen, welche an anderen Orten durch bloße Schätzung erhalten worden sind.

Sehr wenige Augenblicke vor dem Wiedererscheinen der Sonne sah Petit in der Nähe des Punktes am Mondrande, wo der Austritt erfolgen sollte, eine neue Flamme sich erheben, doch war dieselbe weiß. —

Narbonne.

Die Beobachter in Narbonne, Pinaud und Boisgiraud, haben über die Erscheinung der röthlichen Hervorragungen in folgenden Ausdrücken berichtet:

„Auf dem (wirklichen) oberen Rande der Mondscheibe erschienen vom Endpunkte des verticalen Durchmessers an in der Richtung nach Westen, Hervorragungen wie feurige Berge, links senkrecht abfallend und auf der entgegengesetzten Seite in spitzen und schroffen Zacken sich

herabsenkend. Es waren in dieser Gegend drei deutlich unterschiedene Gipfel zu sehen, wovon der erste, höchste, eine Höhe von ungefähr dem zwölften Theile des scheinbaren Monddurchmessers besaß. Etwas weiter, zur Rechten, erblickte man auf der Peripherie der Mondscheibe, aber immer nach Außen, mehrere wellenförmige Erhebungen, zwar weniger auffällig als die früheren, aber gleichfalls glänzend. Zwei ähnliche Gipfel, von geringerer Höhe als die Berge der oberen Partie, und mit Abhängen von der nämlichen Richtung, erglänzten zu gleicher Zeit, der eine rechts, ein wenig unter dem horizontalen Durchmesser, der andere links, etwas über demselben. Die letztere Spitze ist früher als alle anderen bemerkt worden. Die Ausdrücke fehlen, um eine genaue Vorstellung von diesen Feuerbergen zu geben. Es war, als schauete man glühende Krystallfelsen, von zarter Rosenfarbe, und bei einer gewissen Durchsichtigkeit mit ruhigem, nicht funkelndem Lichte glänzend. Sie behielten ihre Gestalt unverändert, dieselbe Lage und eine vollständige Unbeweglichkeit. Nur die Zacken der oberen Partie schienen ein wenig zu wachsen, während die totale Finsterniß sich ihrem Ende näherte, und zwar wuchsen sie nicht wie ein Körper, der sich verlängert und seine Gestalt ändert, sondern wie hohe Gebirge, von denen man zuerst blos die Gipfel und die mittleren Höhen wahrnimmt, bis allmälich die Basis sichtbar wird, indem der sie verdeckende Vorhang langsam herabsinkt. Dieses prachtvolle Schauspiel dauerte bis zum Ende der totalen Verfinsterung. Als die Sonne hinter der dunkeln Scheibe unseres Satelliten hervortrat, gab sich das Erscheinen des ersten Sonnenstrahles durch einen sehr lebhaften Lichtblitz kund, weit intensiver, als der letzte vor dem völligen Verschwinden glänzende Strahl. In demselben Momente, und erst dann, erlosch der den Mond umgebende Strahlenkranz, nebst den glühenden Zacken, welche einen Theil seines Umfangs besetzten, plötzlich in dem Lichtmeere unseres Tagesgestirns."

Toulon.

Die Beobachtungen von Toulon haben ein besonderes Interesse dadurch, daß diese Stadt von der südlichen Grenze der Zone auf der Erdoberfläche, längs welcher die Finsterniß total war, nur wenig entfernt liegt. Dem Schiffscapitän Bérard, Correspondenten des Insti-

tuts, verdanke ich die näheren Umstände der Beobachtung; das Folgende ist aus dem Briefe dieses gelehrten Officiers entlehnt:

„Während der ganzen Dauer der totalen Verfinsterung sah man jenseit des Mondrandes, ungefähr in der Gegend, wo der Austritt der Sonne erfolgen sollte, einen sehr schmalen rothen Streifen, mit unregelmäßigen Zacken, oder wie hier und da mit Einschnitten durchzogen.“

Hr. Bérard bediente sich eines sehr schwach vergrößernden Fernrohres.

Es scheint mir nicht zu bezweifeln, daß der rothe Streifen, dessen Kapitän Bérard erwähnt, genau dasselbe Phänomen war, welches zu Perpignan, zu Narbonne, Montpellier, Turin, Mailand u. s. w. sich mit beträchtlichen Hervorragungen zeigte. Ist diese Identität begründet, so werden alle Berichterstatter über totale oder ringförmige Sonnenfinsternisse, bei denen von rothen Bögen, die am Mondrande erschienen, die Rede ist, die Erscheinung in kleinem Maaßstabe gesehen haben, welche die Astronomen im Jahre 1842 so lebhaft überraschte. Ich brauche wohl kaum auf die Wichtigkeit hinzuweisen, die dieser Schluß haben würde. Um eine sichere Grundlage dafür zu gewinnen, habe ich mich bestrebt, den Beobachtern, welche sich wie Bérard in der Nähe der südlichen Grenze der Zone der totalen Verfinsterung befanden, bestimmte und scharfgefaßte Fragen vorzulegen. Ich werde hier wenigstens zum Theil die Antwort mittheilen, welche ich von dem Lehrer der angewandten Naturwissenschaften an der Marineartillerieschule zu Toulon, Flaugergues, erhalten habe. Derselbe beobachtete auf dem Fort Lamalgue.

„Kurz nach dem völligen Eintritte der Sonne verließ ich das Teleskop, von einer langen und aufmerksamen Beobachtung ermüdet. Ich widmete einige Augenblicke fesselnder Betrachtung dem seltsamen Schauspiele, das der Anblick der Natur allenthalben darbot; aber meine Augen und meine Aufmerksamkeit wandten sich bald wieder den beiden Himmelskörpern zu, um mir die Beobachtung des Austrittes nicht entgehen zu lassen. Noch hatte ich das Teleskop nicht wieder zur Hand genommen, als mich die Erscheinung eines rothen Lichtpunktes überraschte, dem ein zweiter, ähnlicher folgte. In diesem Moment blickte ich durch das

Instrument und sah dann einen dritten leuchtenden Punkt auftauchen. Mein Fernrohr war mit einem gefärbten Glase versehen, welches die rothen Strahlen durchgehen ließ."

Die Anzahl der von Hrn. Flaugergues wahrgenommenen Punkte, ihre Farbe und die Stellen, wo sie sich zeigten, kurz alle Umstände dieser Beobachtung sind der Vermuthung günstig, daß die Erscheinung auf dem Fort Lamalgue, ebenso wie der rothe, gezackte Bogen Bérard's, nichts Anderes war, abgesehen von einigen, zum Theil durch die angewandte Vergrößerung zu erklärenden Verschiedenheiten im Aussehen, als das an so vielen anderen Orten beobachtete Phänomen der großen Protuberanzen.

Visan.

Hr. Guérin von Avignon hat seine Beobachtungen zu Visan angestellt, unter 44° 19′ nördlicher Breite und 2° 35′ östlicher Länge. Sein Instrument war ein vollkommen achromatisches Fernrohr von Dollond, von ungefähr 1 Meter Brennweite, 81 Millimeter Oeffnung und 90maliger Vergrößerung. Visan liegt 5 Lieues nördlich von Orange, nicht sehr entfernt von der Nordgrenze der Zone der Totalität, wie auf der diesem Bande beigegebenen Karte über die Bahn des Mondschattens auf der Erdoberfläche (Fig. 3, S. 128) zu sehen ist. Dieser Umstand verleiht den Bemerkungen Guérin's ein erhöhtes Interesse.

Unmittelbar nach dem Augenblicke der totalen Verfinsterung der Sonne sah dieser Beobachter „einige scharf und deutlich hervortretende zackige Punkte, die man auf den ersten Blick für 7 bis 8 Sterne von verschiedener Größe hätte halten können, neben einander auf dem Rande der Mondscheibe, wo die letzten glänzenden Lichtstrahlen eben verschwunden waren."

„Während der gesammte Raum", fährt Hr. Guérin weiter fort, „über welchen diese Lichtpunkte in ungleichen Abständen vertheilt waren, etwa den sechsten Theil des Mondumfanges betrug, hatten die beiden größten und sehr merklich ausgezackten Punkte eine Größe von kaum dem zweihundertsten Theile des Monddurchmessers (d. h. 10"). Sie

blieben, wie die kleineren, während der ganzen Dauer der totalen Finsterniß sichtbar, und verschwanden plötzlich, sobald die Sonne wieder zum Vorschein kam . . . Wenn die ganze Peripherie der Mondscheibe mit diesen Lichtpunkten umgeben gewesen wäre, so würde sie den Anblick einer mit Rubinen besetzten Dose von Ebenholz dargeboten haben . . . Die Punkte waren röther, aber nicht so glänzend als Mars."

Digne.

Die von Hrn. Eugen Bouvard mir mitgetheilte Beobachtung der Protuberanzen weicht in wesentlichen Umständen von den an allen anderen Orten gemachten Wahrnehmungen ab. Ich lasse den jungen Astronomen selbst reden:

„Während ich mit der Messung der Corona beschäftigt war, bemerkte ich an dem scheinbaren unteren Rande der Mondscheibe zwei sehr merkwürdige Lichterscheinungen (faisceaux). Von diesen war die eine (zur Rechten) wenigstens ein Dritttheil breiter als die andere; beide bestanden aus Strahlen von schöner rother Farbe, mit einigen Orangestrahlen untermischt. Sie nahmen an Breite zu sich und wurden gleichzeitig schwächer, je weiter sie sich vom Mondrande entfernten.

„Diese Lichtbündel konnten selbst mit bloßen Augen wahrgenommen werden, und blieben bis lange nach dem Ende der totalen Verfinsterung sichtbar."

Marseille.

Man würde sich mit Recht verwundern, hier keine detaillirte Erwähnung der von Hrn. Valz in Marseille gemachten Beobachtungen zu finden, wenn ich nicht daran erinnerte, daß nach den mir zugekommenen Notizen ich nicht das Recht habe, die von dem geschickten Astronomen gesehenen leuchtenden Punkte als Protuberanzen zu betrachten, und daß ich seine Arbeit deshalb in dem auf die inneren Lichterscheinungen bezüglichen Abschnitte zu analysiren hatte. *)

---

*) Siehe das 15. Kapitel S. 173 ff.

§ 2. — Beobachtungen außerhalb Frankreich.

La Superga, bei Turin.

Mit folgenden Worten beschreibt Hr. Airy die Erscheinung der leuchtenden Protuberanzen:

„Während ich nach dem totalen Verschwinden der Sonne den Mond untersuchte, gewahrte ich zu meiner sehr großen Ueberraschung kleine rothe Flammen am scheinbaren unteren Rande der Mondscheibe. (Dieser untere Rand war der obere für den Beschauer mit unbewaffnetem Auge.) Die Anzahl dieser Flämmchen betrug drei, wie ich im Gedächtniß behalten habe, und wie außerdem durch die Zeichnung in meinem Taschenbuche, die ich wenige Minuten nach der Erscheinung entwarf, bestätiget wird. Dieselben glichen an Gestalt und Stellung den Zähnen einer Kreissäge, welche im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers schneiden soll. Ihre Höhe überstieg gewiß nicht den vierten Theil der Breite des Lichtringes, oder ungefähr eine Minute. Die Entfernung zwischen der ersten und der dritten Flamme umfaßte einen Bogen von vielleicht 40 Graden oder mehr, auf dem Umfange des Mondes.“

Madame Airy sah die Flammen mit bloßem Auge.

Pavia.

Ich übersetze hier die Stelle, welche sich in der Abhandlung des Hrn. Baily auf die rothen Hervorragungen bezieht:

„Der merkwürdigste Umstand der ganzen Erscheinung war das Auftreten dreier großen Protuberanzen, welche augenscheinlich einen Theil der Corona bildeten, obgleich sie aus dem Umfange des Mondes hervorzukommen schienen. Sie hatten das Aussehen von ungeheuer hohen Bergen und waren von rother Farbe, mit Lila oder Purpur gemischt; vielleicht kommt man der Wahrheit am nächsten, wenn man sie mit der Farbe der Pfirsichblüthe vergleicht. Zuweilen schienen mir diese Protuberanzen den Schneegipfeln der Alpen vergleichbar, wenn sie von den Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne beschienen werden. Auch in der Beziehung trat die Aehnlichkeit der Hervorragungen mit den Alpengipfeln hervor, daß sie ein vollkommen ruhiges

Licht besaßen, welches keine Spur von Funkeln oder Schwanken zeigte, wie in den übrigen Theilen der Corona so deutlich der Fall war.

„Die drei Protuberanzen waren von der nämlichen Rosenfarbe, und gleich hervorstechend auf dem weißen und lebhaften Lichte der Corona; ihre Größe dagegen war verschieden . . . Die größte hatte einen Einschnitt bis zum Fuße herab, dergestalt, daß man glauben konnte zwei unterschiedene Gegenstände zu erblicken, welche sich auf einander projicirten."

Hr. Baily benutzte ein achromatisches Fernrohr von Dollond von 1,07 Meter ($3\frac{1}{2}$ Fuß engl.) Brennweite; die Vergrößerung war ungefähr 40fach.

Lodi und Mailand.

Für die Discussion in Betreff der leuchtenden Hervorragungen würden den Astronomen die zu Mailand von dem gelehrten Director der Brerasternwarte angestellten Beobachtungen von besonderem Interesse sein; allein die von Hrn. Carlini veröffentlichte Abhandlung enthält auch nicht eine auf das fragliche Phänomen bezügliche Stelle. Was uns über die Beobachtungen in der Lombardei bekannt geworden ist, verdanken wir einem interessanten, aber sehr abgekürzten, im mailänder Institute vorgelesenen Berichte von Hrn. Piola, einem Artikel in der Gazzetta privilegiata di Milano, endlich einem Aufsatze von Hrn. Majocchi.

In dem Berichte Piola's, welcher sich nach dem in der Nähe der Centralcurve gelegenen Lodi begeben hatte, liest man, daß der Beobachter drei Hervorragungen wahrnahm. Dieselben werden als dreieckige Ausstrahlungen bezeichnet, doch gibt er ihnen krummlinige, nach Innen zu convexe Seiten. Dem Verfasser des Berichtes erschienen diese dreiseitigen Figuren nur an den Rändern leuchtend, in der Mitte dagegen dunkel. Einen Unterschied in der Größe gibt Piola nicht an; seiner Schätzung nach habe die Breite der Basis bei jeder Ausstrahlung ungefähr 10 Grade auf der Mondperipherie betragen, ihre Höhe etwa den vierten Theil vom Halbmesser der Mondscheibe. Letzterer Angabe würden ungefähr 4 Minuten entsprechen.

Die Flammen wurden zu Mailand, zu Brescia und Novara gesehen, aber die in den genannten Städten weilenden Beobachter sprechen

in ihren Erzählungen nur von zwei Flammen, nicht von drei. Professor Majocchi beschreibt sie mit den Worten: „Auf dem oberen Theile des Mondes bemerkte man zwei glänzende Punkte, zwei glühenden Kohlen vergleichbar.“

In Mailand beobachteten der Hauptmann Graf Huyn und Lieutenant Kuhn vom österreichischen Generalstabe die Flammen durch ein Fernrohr und ein Spiegelteleskop, welche dem physikalischen Cabinet des Liceo di Porta nuova gehörten. Hr. Luigi Magrini berichtete über die Beobachtungen der beiden genannten Officiere in der Gazzetta privilegiata di Milano vom 9. Juli 1842.

Auf die fraglichen Phänomene bezieht sich folgende Stelle in dem Artikel des gelehrten Professors:

„Während der totalen Verfinsterung wurde die Aufmerksamkeit der beiden Beobachter vorzugsweise durch zwei beträchtliche Hervorragungen von dreieckiger Gestalt, die sich am oberen Theile des Mondumfanges zeigten, in Anspruch genommen. Die Höhe und Grundfläche der Figuren betrug etwa einen Zoll (ein Zoll bezeichnet den zwölften Theil des Monddurchmessers), der Abstand zwischen ihren Grundflächen drei Mal so viel. Leuchtende Strahlen gingen unaufhörlich von den Rändern der beiden Dreiecke aus, welcher Umstand hauptsächlich das Phänomen so imposant machte.“

In dieser Erzählung ist, wie man sieht, nur von zwei Hervorragungen die Rede.

Padua.

Zu Padua beobachteten die Finsterniß drei ausgezeichnete Astronomen, die Herren Santini, Conti und Biela.

Santini bemerkte in dem Augenblicke, wo er das farbige Glas, dessen er sich bis dahin zur Beobachtung der Phasen bedient hatte, abnahm, zwei sehr hohe feurige Pyramiden: die erste ungefähr 20 Grade westlich von dem höchsten Punkte der Mondperipherie, die andere von demselben Punkte 40 Grade in der nämlichen Richtung entfernt. Santini vergleicht diese Lichterscheinungen mit der aus der Ferne gesehenen Feuersbrunst eines Stroh- oder Rohrdaches; ihre Farbe bezeichnet er

als purpurviolett. Die Höhe der Purpurflammen schätzt der gelehrte Director der Sternwarte zu Padua auf mehr als eine Minute.

Er führt an, daß mehrere Personen die Flammen mit unbewaffnetem Auge sahen.

Santini bediente sich eines vierfüßigen Frauenhofer'schen Refractors, mit 85facher Vergrößerung und einem gelbgrün gefärbten Sonnenglase.

Conti beobachtete durch ein achromatisches Fernrohr von Suttlewort, mit einer 40fachen Vergrößerung und rothem Blendglase.

„Als die Sonne", sagt dieser Astronom, „kaum verschwunden war, nahm ich das Blendglas weg, und bemerkte dann in 50 Grad Abstand vom höchsten Punkte des Mondrandes nach rechts gerechnet, einen leuchtenden Punkt, welcher sich in der Gestalt einer Pyramide erhob und eine rothviolette Färbung annahm. Eine zweite minder beträchtliche Pyramide erschien hierauf 15 Grade zur Rechten von demselben obersten Punkte des Randes."

In der Erzählung von Conti sind besonders folgende Worte beachtungswerth: „Die beiden Lichtpyramiden blieben noch lange Zeit (per lungo tempo) nach dem Wiedererscheinen der Sonne sichtbar."

Hr. Biela drückt sich folgendermaßen aus (wörtlich übersetzt*)): „Auf ein Mal sah man unten (im astronomischen Fernrohre) aus dem Monde drei Pyramiden von dunkelrother oder vielmehr purpurner Färbung hervorschießen, etwa wie glühende Kohlen leuchtend. Zwei von diesen Pyramiden, zur Rechten, waren einander nahe; die dritte größere befand sich mehr zur Linken, aber noch rechts von dem Punkte, wo die ersten Sonnenstrahlen wieder hervorbrachen.

„Die ersten Strahlen der Sonne erschienen an verschiedenen getrennten Punkten sprungweise, und vereinigten sich in wenigen Augenblicken zu einer äußerst feinen Sichel; die rothen Pyramiden hörten auf sichtbar zu sein, als die Sichel einige Secunden gebildet war."

Vicenza.

Der Professor Casari in Vicenza berichtet, daß er an zwölf röth-

*) Vergl. Schumacher's Astr. Nachrichten Nr. 487, S. 102 ff.
Anm. d. d. Ausg.

liche Kegel erblickt habe, die sich längs eines Bogens von etwa 60 Graden auf dem oberen Theile des Mondumfanges vertheilten. Einige waren isolirt, andere zu Gruppen vereinigt.

Es läßt sich nach der von Casari entworfenen Zeichnung constatiren, daß die beiden beträchtlichsten Kegel, wenigstens ihrer Lage nach zu urtheilen, dieselben waren, welche überall anderswo beobachtet wurden.

Aber Casari bemerkte sehr deutlich und scharf, wie er sagt, Dinge, von denen keinem Anderen sonst die mindeste Ahnung gekommen ist: er sah auf den Gipfeln und an den Seiten der hauptsächlichsten Kegel rothe Rauchsäulen, welche sich in ihrer aufsteigenden Bewegung kreuzten und eine heftige continuirliche Agitation zu erfahren schienen. „Diese Phänomene", sind Hrn. Casari's Worte, „riefen in mir den Gedanken an eine Gruppe glühender Kegel, brennender Vulcane hervor, die durch ihre Gipfel und ihre Seiten röthliche Dämpfe ausstießen."

Venedig.

Vor Allem müssen wir bemerken, daß Venedig ebenso wie Toulon fast an der südlichen Grenze der Zone auf der Erdoberfläche gelegen ist, längs deren die Finsterniß eine totale war.

Ich habe vom Abbé Francesco Zantedeschi eine ausführliche Beschreibung der am 8. Juli 1842 zu Venedig angestellten Beobachtungen erhalten. Jedoch findet sich in diesem zwanzig Druckseiten von feinem und engem Drucke füllenden Berichte nicht die entfernteste Hindeutung auf das Phänomen der „feurigen Zungen", um mich des Ausdruckes eines italienischen Autors zu bedienen.

Wien.

Hr. Schumacher hatte sich zur Beobachtung der Finsterniß von Altona nach Wien begeben. Ihm war ein achtfüßiger Frauenhofer'scher Refractor von 6 Zoll Oeffnung zur Disposition gestellt. Die für das Ocular bestimmten Sonnengläser gaben ein fast weißes Sonnenbild. Wir lassen nun den gelehrten Director der altonaer Sternwarte in eigner Person reden:

„Als ich nach dem Verschwinden des letzten Lichtpunktes die beob-

achtete Zeit aufgezeichnet hatte und wieder durch das Fernrohr blickte, sah ich den Mond von einem farbenlosen Lichtringe umgeben, der sich allmälich in das Grau des Himmels verlor, aber zugleich zeigte sich eine ganz unerwartete Erscheinung. Auf den ersten Anblick glaubte man an drei Stellen des Mondrandes rothe Flammen hervorbrechen zu sehen, indessen bemerkte man nach ein paar Augenblicken ruhiger Betrachtung, daß in diesen scheinbaren Flammen keine Bewegung war. Sie erschienen vielmehr als zackigte, in hellem, rosenrothem Lichte strahlende Gipfel von Gletschern, die sich etwa 1 bis 2 Minuten über dem Mondrande erhoben. Die flüchtige, diesem Aufsatze beigegebene Zeichnung*), die ich unmittelbar nach der Finsterniß entwarf, wird wenigstens im Allgemeinen einen Begriff von der schönen Erscheinung geben, kann aber keinen Anspruch auf genauere Darstellung der Details und Richtigkeit der Dimensionen machen. Weder das Eine noch das Andere war in der kurzen Zeit, die zur Betrachtung blieb, möglicherweise zu erhalten.

„Veränderungen in der Form oder in der Höhe dieser Berge (ich brauche das Wort Berge nur, um die Erscheinung kurz zu bezeichnen, ohne dadurch Etwas über ihr Wesen bestimmen zu wollen) habe ich nicht bemerkt, obgleich die Güte des Fernrohrs und das helle Sonnenglas mir Alles vorzüglich deutlich zu sehen erlaubte. Leider aber war die Zeit, in der ich sie ruhig betrachten konnte, sehr kurz. Die Dauer der totalen Verfinsterung war nur 1 Minute 57 Secunden. Rechnet man nun für Ablesung der Uhr und Aufzeichnung der Beobachtung 10 Secunden, wiederum 10 Secunden, in denen ich von der unerwarteten Erscheinung überrascht sie, zweifelnd ob ich recht sah, eigentlich nur anstaunte, endlich etwa 20 Secunden, in denen ich vor dem Ende der totalen Finsterniß meine Aufmerksamkeit auf das Wiedererscheinen des ersten Lichtpunktes richtete, so bleiben, wenn man diese 40 Secunden von der Dauer der totalen Finsterniß abzieht, nur 1¼ Minute für

*) Siehe Schumacher's Astronomische Nachrichten Nr. 457 S. 1, oder Schumacher's Jahrbuch für 1843 S. 231, woraus die obige Beschreibung entlehnt ist. Anm. d. d. Ausg.

den Zeitraum nach, in dem ich keine Veränderungen bemerkt zu haben sagen kann.

„Kurz vor dem Ende der totalen Finsterniß erhob sich an dem Theile des Mondrandes, wo der erste Lichtfunken austreten sollte, eine schmale rosenrothe Schichte (sie nahm vielleicht 70 bis 80 Grade des Mondrandes ein), die aber, als dieser Lichtfunken erschien, zugleich mit den rothen Bergen und dem Lichtringe, der den Mond umgab, verschwand.“

Hr. v. Littrow, Director der Sternwarte in Wien, hat die Güte gehabt, mir zu wiederholten Malen in Betreff der röthlichen Hervorragungen zu schreiben. Folgendes ist ein Auszug aus den Briefen des österreichischen Astronomen:

„Kurze Zeit nach der Bildung des Mondringes kamen leuchtende Flecken an mehreren Punkten des Umfanges unseres Satelliten zum Vorschein. Drei unter diesen Lichtanhäufungen waren hauptsächlich bemerkenswerth. Von Farbe roth und bläulich, hatten sie mit Gletschergipfeln viel Aehnlichkeit, welche von den Strahlen der aufgehenden oder der untergehenden Sonne vergoldet werden. Nur endigten sie nicht in Spitzen. Der beträchtlichste der Flecken maaß beinahe fünf Bogenminuten in der Höhe und zwei Minuten an der Basis.

„Die Flecken gingen vom Weiß zum Roth und zum Violett, und legten auf dem Rückwege dieselben Farben in umgekehrter Ordnung zurück. In der Mitte der totalen Finsterniß hatten die Farben ihre größte Intensität. Die verschiedenen, an demselben Flecken wahrnehmbaren Farben waren durch gerade Linien von einander getrennt. Ich bediente mich keines gefärbten Glases.

„. . . Auf Ihre Anfrage habe ich mit der Versicherung zu erwiedern, daß in meine Schätzung über die Angulardimensionen der leuchtenden Flammen sich kein Irrthum eingeschlichen hat. Die größte ging beinahe fünf Minuten über den Mondrand hinaus, und die (Breite der) Basis betrug zwei Minuten. Der Adjunct der Sternwarte, Hr. Schaub, hat im Landhause des Hrn. Ministers Kolowrat nahezu dieselben Werthe gefunden. Wir haben Beide das Gesichtsfeld der Frauenhofer'schen Fernröhre, durch welche wir beobachteten, zur Vergleichung angewendet.

„Ich muß zu dem, was ich Ihnen schon geschrieben, zwei wichtige Umstände hinzufügen:

„Die Flammen waren sichtbar, bevor sie sich färbten; ebenso behielten sie ihre Sichtbarkeit, nachdem sich ihre Färbung wieder verloren hatten. Die Gestalt der Flecken blieb unverändert.“

Rußland.

Der russische Minister der Volksaufklärung, von Ouwarow, hatte zehn geübten Beobachtern freigebig die Mittel zur Verfügung gestellt, um sich an fünf Punkte des europäischen Rußlands, die nahezu auf der Mittellinie der totalen Bedeckungszone belegen waren, zu begeben. Das Wetter begünstigte jedoch nur die Beobachter zu Lipezk, die Herren Otto Struve und Schidlowsky. *)

Das von Hrn. Schidlowsky gebrauchte Instrument war ein Frauenhofer von 23 Linien Oeffnung und einer Brennweite von nahezu $1^3/_4$ Fuß. Die Vergrößerung war 37 Mal bei einem Gesichtsfelde von 56 Minuten.

Das Folgende ist wörtlich aus dem Berichte von Otto Struve entlehnt. **)

„Herr Magister Schidlowsky verfolgte den Mond während der ganzen Dauer der totalen Verfinsterung mit dem Fernrohre. Hier stellte sich ihm kurz vor dem Wiedererscheinen der Sonne ein höchst interessantes Phänomen dar. Es erschien ihm nämlich, als ob an mehreren Punkten des Mondrandes plötzlich Flammen hervorbrächen von einem rosenrothen Lichte, die aber während der kurzen Zeit, wie er sie sah, eine gleichmäßige Gestaltung behielten, nach Art von Bergen, deren scheinbare Höhe er gegen 2 Minuten schätzte, wobei auch ein größerer Theil des übrigen Mondrandes mit einem ähnlichen rosenfarbenen Saume bekleidet war. Herr Schidlowsky hatte übrigens

---

*) In dem Aufsatze des Directors v. Struve, Astronom. Nachrichten N. 470, ist blos von den vier Punkten Dubno, Tschernigow, Lipezk und Pensa die Rede, und wird bemerkt, daß die Beobachtung nur an den beiden mittleren Punkten gelang, da trüber Himmel sie an den anderen verhinderte. Anm. d. d. Ausg.

**) Ebendaselbst, S. 230. Anm. d. d. Ausg.

nicht Zeit, die ganze Peripherie des Mondes genau mehr zu betrachten, da unmittelbar nach dieser Erscheinung die Sonne wieder hervortrat. . . .

„Daß Schidlowsky nur erst ganz gegen das Ende der totalen Verfinsterung diese Erscheinung gesehen hat und nicht während der ganzen Dauer derselben, wie es an anderen Orten, insbesondere in Wien, geschehen ist, erklärt sich wohl leicht aus dem Umstande, daß er sein Blendglas ganz abgeschraubt hatte und daher anfangs durch den hellen Schein um den Mond geblendet wurde. . . .

„Eine Spur davon, daß diese Erscheinung auch vom Anfange an bei uns stattfand, glaube ich noch vor dem Eintritte der totalen Verfinsterung gesehen zu haben, indem sich auch in meinem Fernrohre ganz kurz vor dem Verschwinden des letzten Sonnenstrahls eine rothe Schichte am Mondrande zeigte, auf einer von dem Punkte, wo die Sonne verschwand, ungefähr um einen halben Quadranten entfernten Stelle der Peripherie."

Einundzwanzigstes Kapitel.

Beobachtung der Protuberanzen während der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. August 1850.

Die farbigen Hervorragungen, welche während der totalen Sonnenfinsterniß von 1842 am Mondrande zum Vorschein kamen, riefen in der gelehrten Welt eine sehr gerechtfertigte Ueberraschung hervor. Im vorhergehenden Kapitel habe ich alle Beobachtungen dieses Phänomens zusammengestellt, die zu meiner Kenntniß gekommen sind. Die nämliche Erscheinung von Protuberanzen oder Flammen, die den Umfang des Mondes beträchtlich überragten, wurde bei der totalen Finsterniß in Honolulu am 8. August 1850 wahrgenommen. Wir lassen Hrn. Kutczycki darüber selbst das Wort führen:

„Ich komme jetzt zu dem bemerkenswerthesten und auffallendsten Phänomene der totalen Sonnenfinsterniß, ich meine die violettrosenrothen Protuberanzen, die im Jahre 1842 zum ersten Male beobachtet worden sind. Ich kann mir nicht erklären, wie die älteren Beobachter dieser Erscheinung nicht gedenken. Entweder müßte man voraussetzen,

was wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, weil die Erscheinung sich bereits zum zweiten Male wiederholt hat, daß die rothen Flammen bei keiner früheren Finsterniß vorhanden gewesen wären, oder daß man ihnen keine Aufmerksamkeit geschenkt hätte, was durch ihren auffallenden Charakter und die Leichtigkeit, mit der sie in gewöhnlichen Fernröhren wahrzunehmen sind, gleichfalls nicht wohl annehmbar erscheint. Das Erste, was mir auffiel, als ich nach Entfernung des gefärbten Glases das Auge an das Ocular brachte, um den Mondrand zu untersuchen, war die ungemeine Schärfe, mit welcher man die Gegenstände sehen konnte. Der Rand der Mondscheibe trat vollkommen scharf und ohne die mindeste Undulation schwarz auf dem milden Lichte der Corona hervor; die dunkeln Strahlen (traits) der letzteren waren von bewundernswürdiger Bestimmtheit, während in anderer Beziehung das Fernrohr viel zu wünschen übrig ließ. Auf dem perlenweißen Felde der Corona zeigte sich fast genau am östlichsten Punkte der Mondscheibe eine Hervorragung von wunderbarer Schärfe und Färbung, während eine andere, breitere, dem Mondrande parallel lief: in der Nähe derselben sah man einen beträchtlich längeren, sehr feinen, rosenrothen Streifen. Eine dritte Protuberanz von geringerer Höhe, aber weiterer Entfaltung (plus épanouie), befand sich auf der Westseite des Mondes, ein wenig nach Norden. Die Südseite und der untere Theil des Randes waren von jeder Umsäumung vollständig frei, trotzdem daß gerade da der Mondrand am wenigsten über die Sonnenscheibe hervorragte.

„Die Protuberanz im Osten, die bemerkenswertheste von allen, hatte die Gestalt einer halben Ellipse, deren kleine Axe den Mondumfang berührte; die senkrecht dagegen gerichtete große Axe schien doppelt so lang zu sein, als die kleine.

„Die rosenrothe Färbung dieser Protuberanz hatte einen leichten Zug ins Violette und war an den Rändern etwas dunkler; von da nahm sie nach dem Centrum zu allmälich sich verlierend ab, dergestalt daß sie nur einen Gürtel von gleichmäßiger Breite zu bilden schien, welche nicht mehr als den dritten Theil der Basis betrug. Die Mitte, bläulich in der Richtung der Axe, ging dann in Weiß über, mit der rosenrothen Umgebung. Das Ganze hatte völlig das Aussehen einer

Kerzenflamme, erschien aber sehr fest und unbeweglich. Auf dem Mondrande war an der Stelle, wo dieser eigenthümliche Auswuchs sich zeigte, keine Unebenheit wahrzunehmen. Ich versuchte mit einem Rochon'schen Mikrometer die Höhe der Protuberanz zu messen, und erhielt den außerordentlichen Betrag von 3′ 58″. Diese Messung ist jedoch mehr als zweifelhaft, und ich traue mehr der Schätzung des Verhältnisses ihrer Länge zur Dimension des Gesichtsfeldes des Fernrohrs, wonach ich einen Werth von höchstens 1 bis 1½ Minuten bekomme.

„Während ich mich mit der mikrometrischen Messung beschäftigte, fiel mir der Umstand auf, daß das eine der beiden Bilder der Protuberanz seine Helligkeit beträchtlich änderte, ohne seine Farbe zu ändern, oder vollständig zu verschwinden, wenn man das Prismenfernrohr drehte: ihr Licht war folglich wenigstens zum Theil polarisirt. Das von der Corona ausgehende Licht schien mir an diesem Vorgange nicht theilzunehmen. Da vor Allem die Messung meine Thätigkeit in Anspruch nahm, so muß ich einräumen, auf die erwähnte Intensitätsänderung nicht die ganze Aufmerksamkeit, die sie verdiente, verwendet zu haben; indessen steht die Thatsache vollkommen fest.

„Die beiden anderen Protuberanzen hatten denselben Charakter, wie die eben beschriebene; nur sprangen sie weniger weit vor und waren mehr entfaltet. Statt der Endigung in eine abgerundete Spitze besaßen beide eine Spaltung, die ihnen das Aussehen von Flammen gab. Der rosenrothe Streifen erschien gleichförmig gefärbt, ohne eine bläuliche Nuance in der Mitte; übrigens erreichte seine Dicke kaum den sechsten Theil des rosenrothen Gürtels der anderen Hervorragungen, während er in der Länge die östliche Protuberanz übertraf.

„Bei Wiederholung der Prüfung überzeugte ich mich zweifellos, daß die größere Protuberanz kleiner geworden war, während die Dimensionen der übrigen zugenommen hatten. Ich habe diese Veränderungen sorgfältigst verfolgt, und glaube die positive Behauptung aussprechen zu können, daß diese Ausströmungen oder Hervorragungen von der Sonne herrühren. Noch später ergab eine dritte Prüfung, als der Austritt der Sonne nahe bevorstand, daß die Flecken im Norden und im Westen beträchtlich gewachsen waren, wobei der schmale Streifen in der Nähe des nördlichen Fleckens sich völlig vom Rande des Mondes los-

getrennt hatte; er erschien jetzt selbst in zwei durch einen kleinen Zwischenraum geschiedene Stücke getheilt. Die nach diesem Intervalle gerichteten Enden waren etwas entfaltet, wodurch das Bild zweier kleinen Pfeile entstand, die sich ihre Spitzen zukehrten, und von denen der äußere zweimal so lang als der innere war. Einen Augenblick vor dem Wiedererscheinen der Sonne, als die beiden Protuberanzen im Norden und Westen noch merklich größer geworden waren, ohne jedoch die anfängliche Dimension des östlichen Fleckens zu erreichen, und als die Gestalt des Streifens der eben gegebenen Beschreibung entsprach, erschienen auf dem Rande der Mondscheibe, in Projection auf dem ganz hellen Theile der Strahlenkrone, eine Menge kleiner dicht gedrängter Punkte, von derselben rosenrothen Färbung, welche offenbar von gleicher Beschaffenheit mit den größeren Auswüchsen waren. Das Ganze machte den Eindruck eines äußerst schmalen, mindestens 60 Grade einnehmenden Flammengürtels, dessen rosenrothe Gipfel oder Zacken einen lebhaften rothen Kreis längs des Mondrandes vor dem Austritte der Sonne bildeten.

„Vielleicht ist dies derselbe lebhafte rothe Kreis, dessen Erscheinen Louville in dem Berichte über die Finsterniß von 1715 erwähnt. Dieser Kreis bietet nebst der schmalen Rauchsäule, welche Ferrer während der totalen Finsterniß des Jahres 1806 sah, den einzigen bei den früheren Beobachtungen angeführten Umstand dar, der mit Wahrscheinlichkeit auf das merkwürdige Phänomen, dessen Beschreibung ich gebe, bezogen werden kann.*)

„Sind nun diese Auswüchse an verschiedenen Theilen der Sonnenoberfläche unveränderlich fest, oder sind sie wie die Sonnenflecken und Sonnenfackeln beweglich? Wollte man zur Entscheidung dieser Alternative die erste Annahme direct verificiren und die Hervorragungen an demselben Orte wiederfinden, so würde dazu ein Zusammentreffen von Umständen erforderlich sein, welche sich selbst bei einer großen

*) Um jede Ungewißheit des Lesers zu beseitigen, muß ich ausdrücklich bemerken, daß in der Beschreibung sowohl der Corona als der Protuberanzen, alle Ausdrücke sich auf die wirkliche Lage der beiden Himmelskörper, nicht auf die Stellung des im astronomischen Fernrohre gesehenen Bildes beziehen.

Menge von Beobachtungen nur sehr selten ereignen können. Ueberdem erscheint mir die zweite Annahme nicht blos aus dem Grunde wahrscheinlicher, weil sie mit der bekannten physischen Constitution der Sonnenphotosphäre mehr im Einklange steht, sondern ich finde auch in der Beobachtung von Honolulu einen die Hypothese unterstützenden Umstand, aus dem vielleicht ein positiver Beweis dafür hergeleitet werden kann. Dieser Umstand besteht in Folgendem: die östliche Protuberanz hatte eine solche Lage, daß die Stelle, welche sie über der Sonnenoberfläche einnahm, infolge der Axendrehung der Sonne einige Tage nach der Finsterniß auf der Sonnenscheibe sichtbar werden mußte. Ich stellte mir also die Aufgabe, mehrere aufeinander folgende Tage nach der Finsterniß den östlichen Theil der Sonnenscheibe genau zu untersuchen. Am Morgen des 9. August nun glaubte ich auf der Ostseite, und zwar so genau als eine Schätzung nach dem Augenscheine möglich ist, an der der vorhergehenden Protuberanz entsprechenden Stelle eine große Sonnenfackel zu bemerken. Die Unvollkommenheit des angewandten Fernrohrs, welches die Sonnenfackeln nur sehr undeutlich zeigte, läßt einigen Zweifel rücksichtlich meiner Vermuthung bestehen, indeß wird sie sich vermuthlich durch die genaueren Beobachtungen verificiren lassen, welche auf den europäischen Sternwarten über die Sonnenflecken und die Sonnenfackeln gemacht werden.

„Die nämliche Sonnenfackel habe ich am 10. und 11. August in einer der Mitte der Sonne näher gerückten Stellung wieder gesehen, aber kein Mal deutlich genug, um eine positive Ueberzeugung zu gewinnen. Ich muß mich also begnügen, nicht die Erklärung dieser merkwürdigen Auswüchse, wohl aber eine nicht unwahrscheinliche Hypothese aufzustellen, die sich an ihre Theorie knüpft. Ich denke mir die großen Protuberanzen durch die Emanationen der großen Sonnenfackeln und Lichtadern verursacht, und in ihrer Gestalt und Dimension von einer halben Ellipse bis zu einem schmalen Streifen herab variirend, je nach der Form oder der Lage der erzeugenden Lichtanhäufung. Es läßt sich ferner annehmen, daß von der ganzen Sonnenoberfläche eine derartige Emanation ausgehen und die Quelle einer sehr großen Zahl außerordentlich kleiner Protuberanzen bilden mag, wodurch jener Kreis von rosenrothen Flammen erklärt würde, der einen

Augenblick vor dem Austritte des Sonnenrandes sich gezeigt hat. Diese Voraussetzung wird der Gewißheit um so näher kommen, wenn durch genauere Beobachtungen als die meinigen dargethan wird, daß zwischen dem 7. und 15. August 1850 auf der Ostseite der Sonnenscheibe eine größere Sonnenfackel erschienen ist. Was den schmalen Saum betrifft, so kann ich leider nicht behaupten, ihn auf der südwestlichen Seite der Sonne nach dem Eintritte der Finsterniß gesehen zu haben, allein ich hege die Hoffnung, daß sein ununterbrochenes Dasein bei den künftigen totalen Sonnenfinsternissen sich wird constatiren lassen."

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Von den während der totalen Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 wahrgenommenen Protuberanzen.

Im dritten Bande meiner populären Astronomie*) habe ich eine Zusammenstellung der an den Küsten von Schweden und Norwegen, in Preußen und in Polen während der totalen Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 angestellten Beobachtungen gegeben.

Ich werde mich daher an diesem Orte mit der Hervorhebung der für die Theorie sehr wichtigen Thatsache begnügen, daß eine auf der Westseite von Sonne und Mond liegende Protuberanz beobachtet wurde, welche unter einem nahezu rechten Winkel hakenförmig gekrümmt erschien, und außerdem in der verlängerten Richtung des Hakens eine fast kreisrunde, frei schwebende Masse enthielt, die vom Rande der Sonne und des Mondes vollkommen abgelöst war. Die näheren Umstände dieses Phänomens sind speciell von den Herren Hind in Ravelsberg, Wolfers in Frauenburg, Otto Struve in Lomsa, Mauvais und Goujon in Danzig studirt worden. Es läßt sich folglich nicht mehr in Zweifel ziehen, daß die rothen Hervorragungen, welche sich während einer totalen Sonnenfinsterniß an verschiedenen Punkten des Mondrandes zu zeigen pflegen, zuweilen von den Rändern der beiden Gestirne völlig losgelöst sind.

---

*) Buch 22, Kapitel 14, S. 487.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Ueber die Ursache der Protuberanzen. — Aeltere Beobachtungen der Erscheinung. — Sind die Protuberanzen als Mondberge, als Sonnenberge, als Wolken der Sonnenatmosphäre, oder als die Wirkung einer optischen Täuschung anzusehen? — Beschränkt sich die Möglichkeit ihrer Beobachtung auf den Eintritt einer totalen oder ringförmigen Sonnenfinsterniß?

Ich beabsichtige in diesem Abschnitte die verschiedenen Gesichtspunkte einer Prüfung zu unterwerfen, aus denen man eine befriedigende Erklärung der geheimnißvollen Phänomene herleiten könnte, deren hauptsächliche Charaktere wir dem Leser vorgeführt haben.

Die nächste Frage ist: wo befanden sich die röthlichen, vollkommen scharf begrenzten Flammen, welche während der ganzen Dauer der totalen Finsterniß vom 8. Juli 1842, so wie bei den Sonnenfinsternissen von 1850 und von 1851 über den Umfang der Mondscheibe nicht unbeträchtlich hervorragten?

Der Ort jener Flammen konnte entweder auf der Sonne, oder auf dem Monde, oder in der Atmosphäre unserer Erde sein, vorausgesetzt, daß man nicht als vierten Ausweg ihnen eine reelle Existenz absprechen, und sie in gewisser Beziehung mit den Erscheinungen der Regenbogen, der Höfe, der Nebensonnen, u. s. w. vergleichen will. Alsdann würden sie in die Kategorie der bloßen Lichterscheinungen, wie z. B. die Beugungsphänomene gehören.*)

---

*) Nicht ohne Erstaunen habe ich gesehen, daß gewisse Beobachter eine wirkliche Entdeckung gemacht zu haben meinten, indem sie ohne jedweden Beweis die Behauptung aussprachen, daß die leuchtenden Protuberanzen Berge oder Wolken auf der Sonne seien. Ich kann mit zwei Worten die Prioritätserörterungen, die man dem Publikum vorgesetzt hat, abschneiden, indem ich nachweise, daß die vermeintliche Entdeckung, wenn es eine solche wäre, dem Datum der Veröffentlichung zufolge dem Abbé Peytal gehört, einem der Mitarbeiter des Hrn. Petit in Montpellier. In der That findet sich in der daselbst erscheinenden Zeitung vom Sonnabend den 16. Juli 1842, ein Aufsatz des gelehrten Geistlichen, welcher die fraglichen Vorstellungen mit vieler Präcision entwickelt.

Folgendes sind die eigenen Worte des Abbé Peytal:

„Bisher kannte man von der Sonne nur ihren dunkeln Kern mit zwei Umhüllungen, von denen die äußere die (sichtbare) Scheibe bildet. Durch die letzte

Welche Rolle nun auch durch die weitere Discussion den leuchtenden Protuberanzen angewiesen werden mag, so drängt sich zunächst die Frage auf: warum ist die Erscheinung erst im Jahre 1842 wahrgenommen worden, und warum geschieht ihrer in den früheren Beschreibungen totaler Sonnenfinsternisse keine Erwähnung?

Meine Antwort auf diese Frage wird anders ausfallen, als man vermuthlich voraussetzen mag: ich werde zeigen, daß leuchtende Hervorragungen in größerer oder geringerer Zahl, mehr oder minder zusammenhängend, und mehr oder weniger ausgezackte Bogen bildend, in den Jahren 1706, 1733, 1737, 1748, 1806, 1820 und 1836 vor dem Austritte der Sonne wahrgenommen worden sind, oder wenigstens vor dem Austritte der Photosphäre, welche für gewöhnlich die sichtbaren Umrisse des Sonnenkörpers bestimmt.*)

Ich führe zuerst den von Flamsteed im 25. Bande der Philosophical Transactions veröffentlichten Auszug aus einem Briefe des Kapitän Stannyan an, aus Bern vom 12. Mai 1706, dem Tage einer totalen Sonnenfinsterniß datirt:

„Dem Wiederaustritte der Sonne, hinter der bedeckenden Mondscheibe hervor, ging während eines Zeitraums von 6 bis 7 Secunden, auf dem linken Rande die Erscheinung eines blutrothen Saumes voran."

Wir kommen zu den detaillirten Beobachtungen während der Sonnenfinsterniß des Jahres 1733.

Im 38. Bande der Philosophical Transactions für 1733—1734, S. 134, gibt Birger Vassenius, Lector der Mathematik am königlichen Gymnasium zu Gothenburg, einen Bericht über die dort von

---

Finsterniß haben wir erfahren, daß eine leuchtende Materie von lebhafter Rosenfarbe sich über jene Hüllen erhebt und zu Bergen von ganz außerordentlicher Höhe aufschichtet, ungefähr wie die Wolken in unserer Atmosphäre, die sich am Horizonte anhäufen."

*) Das Verdienst, zuerst auf frühere Beobachtungen der Protuberanzen bei Sonnenfinsternissen aufmerksam gemacht zu haben, gebührt Schumacher in Nr. 463 seiner Astronomischen Nachrichten vom 15. Decbr. 1842.

Anmerkg. d. d. Ausg.

ihm 1733, am 2. Mai alten Stils, beobachtete totale Sonnenfinsterniß. In demselben kommt folgende Stelle vor: *)

„Während der Zeit, wo die ganze Sonnenscheibe verdeckt war, erblickte ich durch ein Fernrohr von ungefähr 21 schwedischen Fußen u. s. w. . . . Nicht allein der Bewunderung, sondern auch der Beurtheilung der hohen königlichen Gesellschaft vorzüglich werth erschienen in der Mondatmosphäre**) mehrere röthliche Flecken, drei oder vier an Zahl, welche außerhalb der Peripherie der Mondscheibe sichtbar wurden. Einer darunter war größer als die übrigen, ungefähr in der Mitte zwischen Süden und Westen, soviel sich schätzen ließ. Derselbe bestand gleichsam aus drei kleinen Theilen oder Wolken von ungleicher Länge, welche einander parallel eine gewisse Neigung gegen den Umkreis des Mondes besaßen.

„Als ich das Phänomen bewundert, ließ ich meinen Gehülfen, der außerordentlich scharfe Augen hatte, dasselbe betrachten. Da dieser jedoch eines Fernrohrs ungewohnt nicht einmal den Mondkörper finden konnte, so habe ich selbst wiederum den nämlichen Flecken, oder wenn man lieber will, die nämliche Wolke unverändert und in ihrer früheren Lage in der Atmosphäre nahe dem Mondrande, vierzig oder noch mehr Secunden lang mit Vergnügen beschauet, ohne an einen Fehler des Instrumentes oder des Auges im entferntesten zu denken.

„Endlich aber entzog der gleich einem Blitze hinter dem nördlichen Rande des Mondes hervorbrechende Sonnenstrahl, schneller als ich es erwartete, dem Auge das prächtige Schauspiel, während ich den fast in seiner Sonnennähe befindlichen Mercur bei so großer Eile vergeblich aufzufinden strebte."

Die Erzählung, welche Maclaurin von der ringförmigen Finsterniß vom 18. Februar 1717 gibt, enthält folgende Stelle: „Lord Aberdour bemerkte (bei der Beobachtung mittelst eines Spiegelteleskops) längs des Mondrandes einen schmalen, dunkelrothen Streifen, un-

*) Vergl. Schumacher a. a. O.; der franz. Text enthält hier und später den Namen Bigerus Vassenius. Anm. d. d. Ausg.

**) So bezeichnet Vassenius den weißen Lichtring der Corona, welche er für die Atmosphäre des Mondes hielt.

mittelbar vor und unmittelbar nach der Bildung des Ringes.“ Die beiden angegebenen Momente beziehen sich offenbar auf den Augenblick, wo der Mondrand mit dem Sonnenrande fast in Berührung war.

Wer die vorstehenden Zeilen mit dem vergleicht, was mir der Kapitän Bérard über das Auftreten der Flammen im Jahre 1842 geschrieben hat, wird sich nicht wundern, daß ich Lord Aberdour in der Reihe derjenigen anführe, welche schon früher Zeugen dieses merkwürdigen Vorganges gewesen sind.

Short beobachtete die Finsterniß vom 14. Juli 1748 im Schlosse von Aberdour, nahe bei Edinburg. Er bediente sich eines Spiegelteleskops von 4 englischen Fußen Brennweite und einer 120maligen Vergrößerung. Aus seiner darüber gedruckten Abhandlung lasse ich die folgende Stelle in der Uebersetzung folgen:

„Die Finsterniß war einer ringförmigen so nahe, daß im Augenblicke der größten Bedeckung nur noch ein Bogen von einem Siebentel der Mondperipherie hinderte, daß die beiden Hörner zusammenstießen. Zu dieser Zeit sahen wir, Mylord Morton und ich, deutlich einen braunen Lichtschimmer, der den Umfang des Mondes (von Außen) begrenzte, und sich von der Spitze jedes Hornes bis zum dritten Theile der sie trennenden Distanz erstreckte, dergestalt daß längs eines Drittels dieses ganzen Abstandes der Umkreis des Mondes keinen leuchtenden Saum hatte. Dieser Umstand hielt uns einige Zeit in Ungewißheit, ob wir eine ringförmige Finsterniß in Aberdour haben würden, oder nicht. Am Ende desjenigen unter den beiden leuchtenden Bogen, der vom westlichen Horne ausging, beobachtete ich eine größere Lichtmenge, als anderwärts, was mich anfänglich überraschte.“

Short erklärt, daß er bei späterer Ueberlegung darauf gekommen sei, diese größere Lichtmenge von einem Thaleinschnitte auf dem Monde herzuleiten.

Sieht man von dieser zur Erklärung der größeren Lichtmenge, von welcher Short spricht, nachträglich aufgestellten Hypothese ab, wodurch der geschickte und gelehrte Künstler ein Gefühl lebhafter Ueberraschung beseitigen wollte, so wird es Niemandem schwer fallen, das 1748 beobachtete Phänomen mit den Lichterscheinungen des Jahres 1842 zusammenzustellen, die den Gegenstand dieser langen Discussion bilden.

Zu bemerken ist, daß Short, der durch ein gefärbtes Glas beobachtete, von der rosenrothen Färbung nicht sprechen konnte, welche sein starkes Licht und der Saum, aus dem dasselbe hervorging, haben mochte.

Um darzuthun, daß die leuchtenden Protuberanzen während der totalen Finsterniß von 1806 in Amerika vorhanden waren, wird, denke ich, die Anführung der folgenden Stelle aus einem Aufsatze des vorzüglichen Astronomen Don Joaquin Ferrer genügen:

„Kurz vor Ende der totalen Verfinsterung kam (am Mondrande) eine Schicht zum Vorschein, die das Aussehen von der Sonne beschienener Wolken hatte."

Jeder Commentar zu diesen Worten dürfte überflüssig sein.

Die chronologische Folge führt mich auf ein Citat von mindestens gleichem Interesse mit dem eben besprochenen. Die Beobachtung ist Van Swinden zu verdanken, ein Name, der gegen die Genauigkeit des Factums keinen Zweifel aufkommen läßt.

Die Sonnenfinsterniß vom 7. September 1820 war ringförmig in Amsterdam. Wenige Augenblicke vor der Bildung des Ringes, als die Scheibe des Mondes an einer gewissen Stelle über die Sonnenscheibe noch etwas hervorragte, bemerkte Van Swinden einen leuchtenden Bogen, welcher ohne den Mondrand zu berühren, von einem Horne zum anderen reichte. Der zwischen diesem Bogen und dem Rande liegende Raum erschien nicht erleuchtet (illuminated). Der Bogen war schmal und röthlich gefärbt, und ließ sich in Bezug auf Farbe und Aussehen mit der Spitze der Flamme einer Argand'schen Lampe vergleichen, welche zur oberen Oeffnung des gläsernen Cylinders hinausleckt.

Ich beschließe diese Aufzählung mit der folgenden Stelle aus einer Abhandlung von Bessel *) über die Finsterniß vom 15. Mai 1836, welche in Königsberg beinahe ringförmig war. Bessel's Worte lauten:

„. . . Allein etwa 25 Secunden vor der nächsten Zusammenkunft (der Hörnerspitzen) erschien, nahe an dem Ende der oberen Spitze, ein Punkt, welcher zwar bei weitem nicht das helle Licht der Sonnen-

*) Siehe Astronom. Nachrichten, Nr. 320. Anmerk. d. d. Ausg.

scheibe besaß, jedoch in dem starken Fernrohre des Heliometers augenfällig genug war. Da die Hörner sich um diese Zeit einander stark genähert hatten, so erwartete ich jeden Augenblick, den Ring sich bilden zu sehen; allein dieses erfolgte nicht, sondern der erwähnte Punkt wurde nur lichtstärker, und außer ihm erschienen noch andere ähnliche Punkte, welche sich bald darauf vereinigten und auf diese Art den ganzen, zwischen den Hörnerspitzen liegenden Theil des Mondrandes sichtbar machten."

Der berühmte königsberger Astronom spricht von keiner Färbung: vielleicht brauchte er zu seiner Beobachtung ein dunkles Glas, das Alles roth färbte. —

Es ist uns nunmehr wohl hinlänglich gelungen, eine anscheinende Schwierigkeit vollständig zu beseitigen, so daß wir aussprechen dürfen: die leuchtenden Hervorragungen bilden keineswegs einen speciellen oder ausschließlichen Umstand der totalen Sonnenfinsterniß des Jahres 1842, sondern bereits früher sind ähnliche Phänomene wahrgenommen worden.

Wir wenden uns nunmehr zur speciellen Prüfung der verschiedenen Hypothesen, welche bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse für die Erklärung der hauptsächlichsten Umstände der fraglichen Flammenerscheinungen zunächst überhaupt zulässig erscheinen können.

Sind die leuchtenden Hervorragungen Berge auf der Mondscheibe?

Die Beantwortung dieser Frage hat denjenigen Beobachtern in der That zu leicht geschienen, welche sie mit der einfachen Bemerkung abgethan glaubten, daß ja die zur Zeit der Finsterniß nach der Erde gekehrten Seiten der Mondberge dunkel erscheinen müßten, weil ihre entgegengesetzten Seiten allein von der Sonne Licht empfangen könnten.

Statt die Seiten der auf dem Rande des Mondes liegenden Berge senkrecht gegen die von der Sonne kommenden Strahlen vorauszusetzen, können wir ihnen mit gleichem Rechte eine sehr schiefe Stellung geben und annehmen, daß z. B. zwei Berge sich mit den Seiten AB und CD in der Weise gegenüberstehen, wie die beifolgende Figur zeigt, wo S die Sonne und O das Auge des Beobachters bedeutet.

Die von der Sonne in S ausgehenden Strahlen senden directes Licht auf die Seite AB, von welcher aus wiederum Lichtstrahlen nach

der von der Erde aus sichtbaren Seite CD geworfen werden. Dieser Hypothese zufolge würden also Berge am Mondrande, mathematisch gesprochen, vermittelst zweifacher Reflexion an der Seite erleuchtet, welche wir im Augenblicke einer totalen Finsterniß wahrnehmen. Es

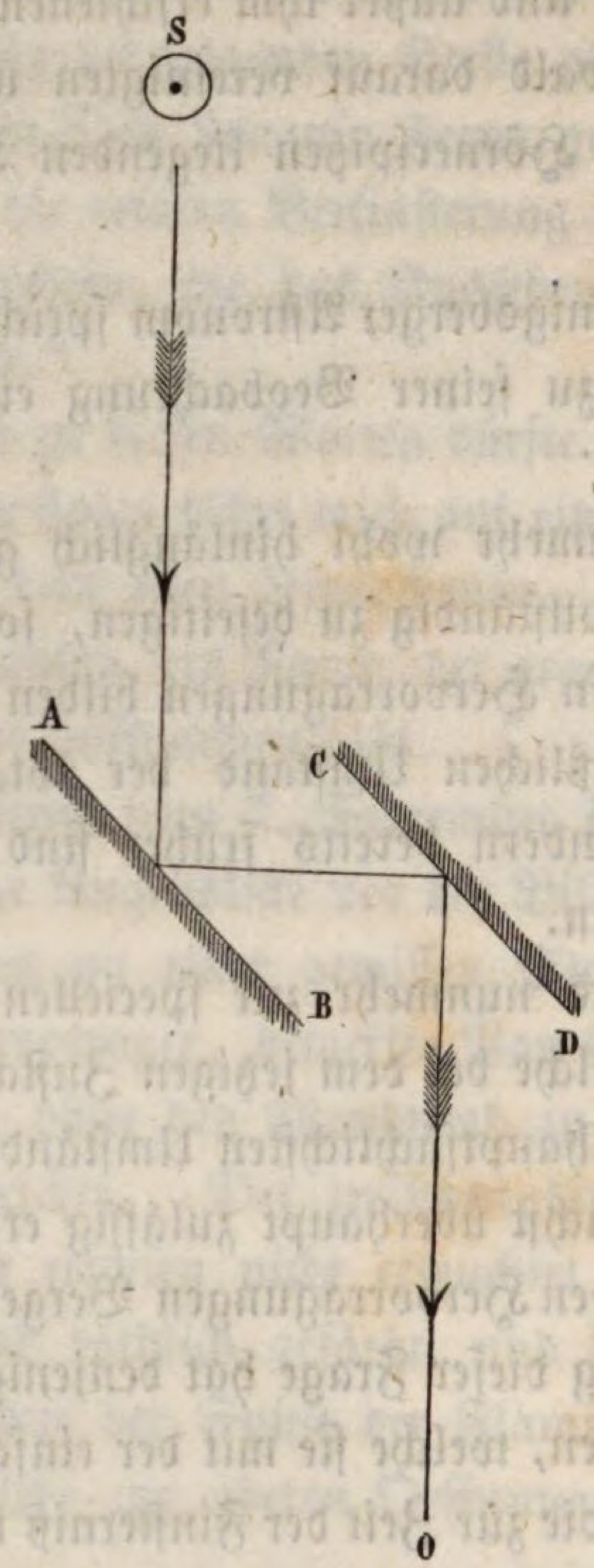


Fig. 4. — Sichtbarkeit der Mondberge durch doppelte Reflexion.

fragt sich nur, ob solche Bergseiten CD auf dem beschriebenen Wege jemals der Intensität der rothen Flammen von 1842 theilhaftig werden können. Diese Frage freilich kann ich nicht anstehen mit Nein zu beantworten. Doch war es, glaube ich, nöthig zu zeigen, daß die gestellte Aufgabe richtig aufgefaßt auf eine quantitative Frage, und zwar von photometrischem Charakter, führt.

Die geringste Winkeldimension, welche die in der Centralregion des Schattens befindlichen Astronomen den Flammen beigelegt haben,

ist eine Minute. Am Tage der totalen Sonnenfinsterniß von 1842 entsprach der Monddurchmesser einem Gesichtswinkel von 32′ 41″, und da die wirkliche Länge desselben 454 geogr. Meilen beträgt, so kommen ungefähr 13,9 Meilen, oder 106000 Meter auf eine Minute; directen Messungen zufolge gibt es aber auf unserem Satelliten keinen Berg, dessen Höhe 7700 Meter überstiege. *) Wollte man also die Flammen als Mondberge ansehen, so hieße das die sichersten Resultate der Wissenschaft ignoriren.

Die gesehenen Flammen waren also keine Berge, machten aber in gewisser Hinsicht den Eindruck solcher. Es bleibt zu untersuchen, ob dieser Anschein nicht die Wirkung besonderer Ablenkungen sein konnte, welchen die Sonnenstrahlen in den zahlreichen und mannichfaltigen Unebenheiten oder Höhlungen ausgesetzt sind, die der Umfang des Mondes stets dem auf der Erde befindlichen Beobachter darbietet.

Ich sehe mich genöthigt, hier eine Bemerkung einzuschalten, damit man mir nicht mit Recht den Einwand mache, daß vor der Untersuchung, ob die Flammen als optische Erscheinungen angesehen werden können, zunächst die Prüfung hätte vorausgehen sollen, ob dieselben im Jahre 1842 überall in gleicher Gestalt und Lage gesehen worden sind: ob sich also z. B. behaupten läßt, daß die in Perpignan beobachteten Flammen genau identisch mit den in Mailand, in Wien u. s. w. wahrgenommenen waren. Ich erkläre, daß dieser Punkt von mir keineswegs außer Acht gelassen worden ist, doch habe ich die betreffende Untersuchung, wenigstens für den Augenblick, aufgegeben, weil ich die Unmöglichkeit einsah, alle Beobachtungen in solche Uebereinstimmung zu bringen, daß sich ein genauer und sicherer Schluß daraus hätte ableiten lassen.

Nehmen wir einen Augenblick an, daß die Flammen integrirende Theile der Sonne und mit der Peripherie dieses Himmelskörpers in gewisser Weise fest verbunden waren. Es konnte alsdann wohl der Fall sein, daß durch den Einfluß der Mondparallaxe eine in Perpignan sichtbare Flamme von einem in Marseille, in Pisan u. s. w. befindlichen Beobachter nicht wahrgenommen wurde; allein es ist nicht min-

*) Siehe den dritten Band der populären Astronomie, Buch 21, Kap. 20, S. 327.

der gewiß, daß wenn irgend zwei solche Flammen gleichzeitig an zwei verschiedenen Stationen, wie z. B. in Montpellier und in Turin gesehen wurden, ihre relative Lage, so wie ihre Gestalt an beiden Orten nothwendig identisch erscheinen mußten. Die Beobachtungsberichte entsprechen aber nicht allenthalben diesem Principe, was, wie ich hinzuzufügen mich beeile, nicht zu sehr auffallen darf, da nicht allein die Kürze der Zeit, welche den Astronomen zur Messung der Protuberanzen und der Bestimmung ihrer Lage zur Verfügung stand, sondern vor Allem auch die Ueberraschung, die im Jahre **1842** ein Jeder im Momente einer so unerwarteten Erscheinung erfuhr, der Genauigkeit der Beobachtungen Eintrag thun mußte.

Das Licht kann von seiner geradlinigen Bahn auf drei verschiedene Arten, nämlich durch Zurückwerfung, durch Brechung und durch Beugung abgelenkt werden. Daß rothe Hervorragungen von hinlänglicher Intensität und Größe nicht auf dem Wege der Reflexion erzeugt werden können, davon haben wir uns bereits überzeugt; die Refraction scheint gleichfalls von der Erklärung auszuschließen zu sein, und zwar wegen der ausnehmend dünnen Mondatmosphäre. Indessen muß bemerkt werden, daß wenn die ungemein geringe Dichtigkeit der letzteren auf Beobachtungen beruht, welche für die über den Gipfeln der Mondberge liegenden Regionen volle Beweiskraft haben, damit noch nicht bewiesen ist, daß in den Tiefen der Thäler nicht etwa eine Atmosphäre von nicht bedeutender Höhe, also begrenzte Schichten vorhanden sein können, welche die Lichtstrahlen in merklicher Weise zu brechen fähig sind. Von diesem Gesichtspunkte aus verdient die Frage jedenfalls eine eingehende Prüfung; dennoch wage ich unbedenklich ein negatives Resultat vorauszusagen.

Was endlich die Diffraction betrifft, oder mit anderen Worten die eigenthümliche, von Grimaldi entdeckte Eigenschaft der Lichtstrahlen, vermöge deren sie in dem Augenblicke, wo sie an der Oberfläche oder den Kanten eines Körpers vorbeistreifen, eine kräftige Ablenkung von Außen nach Innen und von Innen nach Außen zu erfahren scheinen: so ist man ziemlich allgemein geneigt, dieser Eigenschaft eine gewisse Rolle bei den allgemeinen Phänomenen der Finsternisse zuzuschreiben. Ob es jedoch jemals gelingt, die leuchtenden Protuberanzen von **1842**

an die Diffraction des Lichtes zu knüpfen, scheint mindestens zweifelhaft, obwohl die Frage mit alleiniger Hülfe der Erfahrungen, über welche die Wissenschaft heute verfügt, allerdings noch nicht definitiv zu entscheiden ist. Bis jetzt hat man sich nämlich darauf beschränkt, den Weg der Lichtstrahlen an Schirmen von sehr einfacher Gestalt, deren Kanten gerade Linien bildeten, zu studiren, während es nunmehr von Interesse wird, die durch volle und hohle dreieckige, oder durch krummlinige Schirme mit mehr oder weniger Unebenheiten erzeugten Phänomene zu untersuchen. Endlich wird der Einfluß der ungeheuern Distanzen, welche im Momente einer Finsterniß den leuchtenden Körper (die Sonne) von dem undurchsichtigen Schirme (dem Monde), und letzteren von dem auf der Erdoberfläche befindlichen Beobachter trennen, in Betracht zu ziehen sein. So umfängliche Arbeiten sind allerdings erforderlich, bevor sich eventuell mit Bestimmtheit behaupten läßt, daß die Beugung der Lichtstrahlen bei dem Phänomene der rosenrothen Flammen keine Rolle spielt.

Wir kommen zu den Hypothesen, denen zufolge jede Protuberanz als ein integrirender Theil der Sonne anzusehen wäre.

In allen Dingen sind die Zahlen die sichersten Grundlagen für die Discussion: versuchen wir also zunächst, die Höhen der fraglichen Hervorragungen in Zahlen auszudrücken.

Von allen Angaben, die man darüber hat, scheint mir die sicherste die von Petit herrührende zu sein. Die Mehrzahl der übrigen besteht aus einfachen Schätzungen, welche alle die Unsicherheiten mit sich führen, die aus dem Gebrauche nicht genau bekannter oder bei den astronomischen Beobachtungen selten angewandter Vergrößerungen fließen müssen.

Hrn. Petit zufolge entsprach die hauptsächlichste Protuberanz einem Gesichtswinkel von 1 Min. 45 Sec. Die Astronomie lehrt, daß der Aequatorealdurchmesser der Erde, auf die Oberfläche der Sonne versetzt, ungefähr 17″2 groß erscheinen würde. Betrachtet man einen Augenblick die Hervorragungen als Berge auf der Sonne, so würde, da der Erddurchmesser 1718,8 geogr. Meilen beträgt, nach der Messung des toulouser Astronomen der beträchtlichste unter diesen Bergen eine Höhe von 10500 Meilen besitzen müssen.

Meine eigene Schätzung, von allen die kleinste, würde noch immer 6000 Meilen geben.

Wollte man sich endlich an die Bestimmung Littrow's halten, deren Richtigkeit ihr Urheber den von Schumacher, der gleichfalls in Wien beobachtete, erhobenen Zweifeln gegenüber vertheidigte, so würde man für den höchsten, am 8. Juli 1842 sichtbaren Sonnenberg eine Höhe von 30000 geogr. Meilen finden.

Ich überlasse es dem Leser, ob er sich mit der Existenz von Sonnenbergen von so ungeheurer Höhe befreunden will; Berge, wo außerdem so große Massen überhängend erscheinen, daß nach Allem, was wir über die Eigenschaften der schweren Körper wissen, sie sich nicht vor dem Einstürzen erhalten könnten.

Uebrigens gestatten die bei den Finsternissen von 1850 und 1851 gemachten Beobachtungen nicht mehr anzunehmen, daß die leuchtenden Hervorragungen Berge auf der Sonne, und um so weniger auf dem Monde sein können. In der That muß jeder Berg eine Unterlage haben, während man 1850 auf der Nordseite der Sonne zwei von der Peripherie der beiden Gestirne durch einen leeren Zwischenraum getrennte leuchtende und gefärbte Streifen gesehen hat; im Jahre 1851 kam sogar eine isolirte ungeheure Lichtwolke oder Anhäufung zum Vorschein, welche mit der benachbarten hakenförmig gekrümmten Protuberanz in keinem sichtbaren Zusammenhange stand.

Wir werden hier abermals ein paar numerische Betrachtungen einschalten, um auf diesem Wege aus der Vergleichung der über die veränderliche Höhe der leuchtenden Protuberanzen bei der Finsterniß von 1842 an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen eine wichtige Folgerung abzuleiten.

Wir denken uns die relativen Stellungen der Sonnen- und Mondscheibe graphisch dargestellt (Fig. 5) für den Zeitpunkt des Anfangs der totalen Verfinsterung an den Punkten auf der Erdoberfläche, wo die Finsterniß eine centrale war. Der volle Kreis sei die Sonne, mit dem Mittelpunkte in S, die punktirte Peripherie stelle den Mond, L sein Centrum vor.

Wie Jedermann bekannt, geht die eigene Bewegung des Mondes hauptsächlich in der Richtung von Westen nach Osten vor sich. In

dem Augenblicke, wo der östliche Rand des Mondes vermöge dieser Bewegung am 8. Juli 1842 den Ostrand der Sonne erreichte, wurde

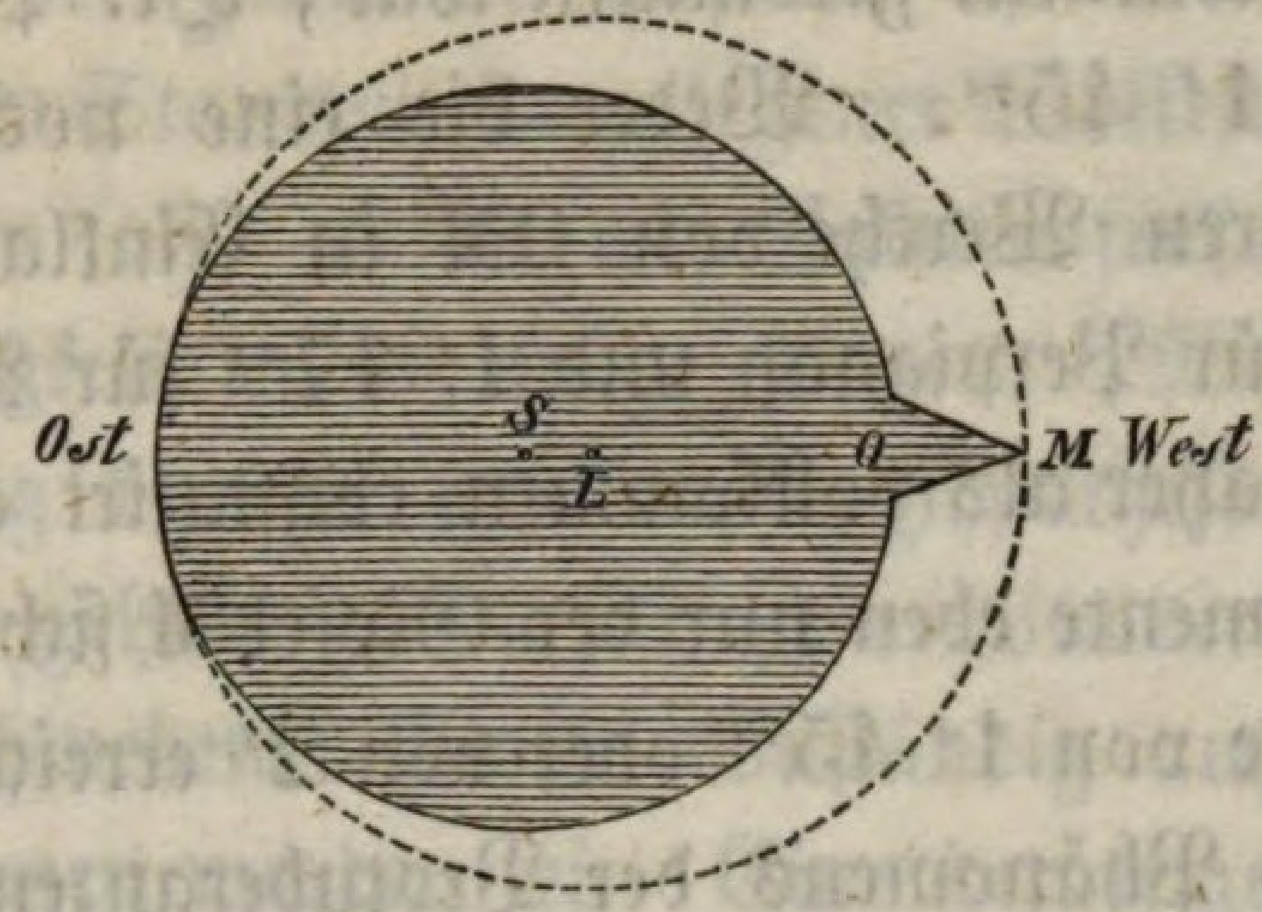


Fig. 5. — Relative Stellung von Sonne und Mond im Augenblicke der totalen Verfinsterung.

die Finsterniß total, und es überragte in demselben Momente der Westrand des Mondes den gleichnamigen der Sonne nach Westen um eine Größe OM, deren Betrag, in Minuten und Secunden ausgedrückt, genau den Unterschied der scheinbaren Durchmesser beider Himmelskörper darstellte. Diese Differenz betrug am 8. Juli 1842 im Augenblick der totalen Finsterniß zu Perpignan — welches ich auf der Linie der centralen Finsterniß liegend annehmen will — 1′ 16″ 6, und in Montpellier 1′ 17″. Damit ein Berg M auf der Sonne in demselben Augenblicke den westlichen Mondrand erreichen und seine oberste Spitze sichtbar werden konnte, mußte also nothwendigerweise, von Perpignan aus gesehen, der Gesichtswinkel seiner Höhe OM 1′ 16″ 6 betragen, während für Montpellier derselbe Werth auf 1′ 17″ stieg.

Nicht weniger leuchtet ein, daß zwischen dem Anfange und dem Ende der totalen Verfinsterung die Höhe des Berges OM nicht um mehr variiren konnte, als um den angegebenen Winkelwerth von OM, d. h. um eine Größe gleich dem Ueberschusse des Durchmessers des verfinsternden Gestirnes über den Diameter des verfinsterten. Die Anwendung dieses Princips besteht in Folgendem:

In Perpignan wie in Montpellier sahen die Beobachter die leuchtenden Punkte M aus dem Mondrande hervorkommen: dieselben hatten zu dieser Zeit also noch keine meßbare Höhe. Einige Zeit (zwei Minuten) später, in dem Momente, wo die beiden Himmelskörper in O

zur Berührung kommen sollten, schätzte mein College Mauvais, daß die Protuberanz OM von einer unmerklichen Höhe allmälich bis zur Höhe von 2 Bogenminuten gekommen war; Hr. Petit fand diese Zunahme nur gleich 1′ 45″. Weder die eine noch die andere Zahl steht mit dem wahren Werthe von OM in Einklang, der, wie wir wissen, 1′ 16″6 für Perpignan und 1′ 17″ für Montpellier betrug.

Wollte man daher als vollkommen constatirt annehmen, daß in einem gewissen Momente eben nur der Gipfel M sichtbar war, und daß später OM eine Höhe von 1′ 45″ oder von 2′ erreichte, so würde damit jede Erklärung des Phänomens der Protuberanzen definitiv beseitigt sein, welche von der Hypothese ausginge, daß OM ein Sonnenberg, oder auch nur eine Wolke in permanentem Zustande sei. Man würde sich auf diese Weise in die Alternative versetzt sehen:

Entweder anzunehmen, daß die leuchtenden Protuberanzen des 8. Juli 1842 in dieser Beziehung den Lichterscheinungen der Regenbogen, der Höfe, der Nebensonnen u. s. w. vergleichbar, keine materiellen Gegenstände gewesen seien; oder vorauszusetzen, daß über der Photosphäre der Sonne, jenseit der glühenden Oberfläche, mit welcher wir für gewöhnlich den sichtbaren Umfang des Gestirnes abschneiden sehen, eine Materie existire, die entweder für sich leuchtend oder nur das Licht reflectirend die Fähigkeit besitzt, binnen zwei Minuten beträchtlich ihre Ausdehnung zu ändern, und in senkrechter Richtung von der Sonnenperipherie sich in 2 Minuten um mehrere Tausend Meilen zu verlängern!

Wenn wir die Erklärung näher ins Auge fassen, nach welcher die Protuberanzen mit Wolken zu vergleichen sind, so hindert uns kein physikalisches Princip an der Annahme, daß wolkenähnliche Massen von 10000 bis 15000 Meilen Länge in der Atmosphäre der Sonne schweben; daß diese Massen, wie gewisse Wolken in der Erdatmosphäre, scharf gezeichnete Umrisse besitzen; daß sie hier und da sehr complicirte Formen und selbst Ueberhänge zeigen, oder den Anblick von Massen ohne jeden Stützpunkt darbieten; endlich daß sie vom Sonnenlichte roth gefärbt erscheinen. Ich darf bei dieser Gelegenheit vielleicht an die Beobachtungen des Kapitän Beytier erinnern, welche wenigstens in soweit zur Vergleichung dienen können, als sie zeigen, wie die Wolken an der

einen oder der anderen Stelle sehr rasch ihre Dicke verändern; ich darf anführen, wie während seines Aufenthalts auf den höchsten Punkten der Pyrenäenkette der genannte Officier oft von einer horizontalen Schicht unter seinem Standpunkte gelegener Wolken sich plötzlich dünne Dunstsäulen ablösen sah, welche wie Raketen senkrecht und mit ungemeiner Geschwindigkeit in die Höhe stiegen. Nur würde man, bei weiterer Verfolgung der zu prüfenden Hypothese, im Jahre 1842 vielleicht das Recht gehabt haben sich zu verwundern, daß keine solche über der Sonne schwebende Wolke vollständig außerhalb des Mondrandes wahrgenommen worden sei. Eine derartige Beobachtung muß die Frage ohne Zweifel definitiv erledigen, denn es wird dadurch unmöglich, zur Erklärung der wahrgenommenen Erscheinungen an Berge zu denken, und die Bezeichnung einer Wolke würde die einzige bleiben, welche einer roth beleuchteten, freischwebenden, isolirten Masse ertheilt werden kann, die sich nach keiner Seite hin weder auf den Mond, noch auf die strahlende Materie stützt, durch welche der unter gewöhnlichen Umständen sichtbare Umkreis der Sonnenscheibe bestimmt wird.

In der That aber hat man eine solche entscheidende Beobachtung: sie war selbst vor der Finsterniß des Jahres 1851 vorhanden. Man lese nur mit Aufmerksamkeit die oben (S. 224) bereits angeführte Beschreibung des schwedischen Astronomen Birger Vassenius, dessen Worte sind:

„... so habe ich selbst wiederum den nämlichen Flecken, oder wenn man lieber will, die nämliche Wolke, unverändert und in ihrer früheren Lage in der Atmosphäre nahe dem Mondrande, vierzig oder noch mehr Secunden lang mit Vergnügen beschaut."

Der in der Originalabhandlung gebrauchte Ausdruck „prope ad peripheriam Lunae" scheint jeden Gedanken an eine scheinbare Berührung zwischen dem röthlichen Flecken und dem Mondrande auszuschließen. Nichtsdestoweniger habe ich zu ermitteln versucht, wie die Worte zur Zeit des Vassenius verstanden worden sind, und in einer Schrift des berühmten schwedischen Akademikers Celsius, welcher mit dem Beobachter in Gothenburg vermuthlich in persönlicher Beziehung stand und eine eigene Geschichte der Finsterniß von 1733 zusammen-

gestellt hat,*) den Passus gefunden: „Vassenius sah im Lichtringe oder der Corona selbst, drei oder vier kleine glänzende Flecken von verschiedener Gestalt und Größe, sehr nahe an der Peripherie des Mondes, aber nicht in Berührung mit derselben.“

Nach dieser Stelle scheint es wirklich schwer, das Hauptfactum in Zweifel zu ziehen, daß die Flecken von 1733 weder den Mond- noch den Sonnenrand berührten; es konnten folglich keine Berge sein. Ich füge hinzu, daß der Beobachter geübt war, sich eines starken Fernrohrs bediente und die Wichtigkeit seiner Bemerkung wohl zu würdigen schien.

Dies war das Ergebniß der Discussion, als noch eine Beobachtung zu meiner Kenntniß kam, welche, obschon vielleicht sehr oberflächlich angestellt, nichtsdestoweniger eine gewisse Unsicherheit (quelque louche) über die Behauptung des Vassenius verbreitet. Celsius erfuhr nämlich von einem Hrn. Brag, daß der Pfarrer von Marstroom mit Hülfe eines vortrefflichen englischen Fernrohres die Flecken in Berührung mit dem Mondrande gesehen haben wollte.**)

Es war also nöthig, zur definitiven Entscheidung neue Beobachtungen abzuwarten, und solche hat die Finsterniß von 1851 geliefert.

Die Beobachtungen, von denen die Rede gewesen, sind nicht blos um der Merkwürdigkeit ihrer Erscheinung willen interessant; es ist möglich, daß sie zu sehr nützlichen Folgerungen führen.

Nach dem gegenwärtigen Stande der astronomischen Kenntnisse besteht die Sonne: erstens aus einem ziemlich dunkeln Centralkörper; zweitens aus einer ungeheuern Wolkenschicht oder Hülle, welche in einem gewissen Abstande vom Kerne schwebt und denselben von allen

---

*) Vergl. Schumacher in der schon citirten Nr. 463 der astron. Nachrichten, S. 107 ff. Anm. d. d. Ausg.

**) Die Schrift von Celsius enthält im Originale die auf die Beschreibung der Beobachtung von Vassenius unmittelbar folgenden Worte: „Has etiam maculas Marstrandii per Anglicanum optimae notae telescopium juxta lunae limbum perceptas esse refert a pastore loci Dn. Brag,“ d. h. übersetzt: (Vassenius) erzählt, daß diese Flecken auch in Marstroom vom dortigen Pastor Brag durch ein treffliches englisches Fernrohr neben dem Mondrande gesehen worden sind. — Vergl. Rob. Grant, history of physical Astronomy, p. 390 ff. Anm. d. d. Ausg.

Seiten umgibt; drittens aus einer Photosphäre, mit anderen Worten einer leuchtenden Sphäre oder Lichthülle, welche die Wolkenhülle ebenso umschließt, wie diese ihrerseits den dunkeln Kern umhüllt; viertens endlich haben uns die bei den Finsternissen von 1842, 1850 und 1851 wahrgenommenen Erscheinungen, wie ich in einem vorhergehenden Aufsatze gezeigt habe,*) auf die Spur einer dritten Atmosphäre oder Umhüllung der Sonne geführt, welche über der Photosphäre liegt und dunkle oder schwach leuchtende Wolken enthält.

Die erste Wolkenhülle, sowie die Photosphäre darüber, erfahren zuweilen zahlreiche Zerreißungen, die einander entsprechen und den dunkeln Centralkörper frei zu sehen gestatten: die Sonnenscheibe erscheint alsdann mit schwarzen Flecken überzogen. Mit Aufmerksamkeit betrachtet hat die Photosphäre ein punktirtes Aussehen und zeigt keinen gleichförmigen Glanz; oft werden die Gegenden in der Nähe des Sonnenäquators von Lichtstreifen von außerordentlicher Intensität, den sogenannten Sonnenfackeln durchfurcht.

Man hat bis jetzt nicht gefunden, daß die Sonnenflecken oder die Sonnenfackeln im Verhältniß zu ihrer Zahl oder zu ihrer Größe einen namhaften Einfluß auf die Temperatur unserer Erde ausüben. Läßt sich dasselbe von den Wolken der dritten Umhüllung behaupten, diesen vielleicht unvollkommen durchsichtigen Wolken, welche zwischen uns und die Photosphäre treten, dadurch möglicherweise einen merklichen Theil der von der Sonne ausgehenden Licht- und Wärmestrahlen aufhalten, und in jedem Falle das Anzeichen eines besonderen Zustandes der Photosphäre sein können, d. h. der Region, welche hauptsächlich als die Quelle des Lichtes und der Wärme anzusehen ist? Ich glaube nicht, daß man die Möglichkeit eines solchen Einflusses in Abrede stellen kann: wenn diese dritte Umhüllung existirt, so wird sie uns vielleicht den Schlüssel zu einigen von jenen großen und verhängnißvollen Anomalieen liefern, welche man im Laufe der Jahreszeiten wahrnimmt.**)

---

*) Ueber die physische Constitution der Sonne und der Firsterne, S. 113 dieses Bandes.

**) Welchen Platz soll man wohl in der reichhaltigen Kategorie der Sonnen-

Ich muß mich hier gegen einen Vorwurf vertheidigen, den man mir mit dem Einwande entgegenhalten wird, wozu es denn nützen könne, heute schon Fragen zu discutiren, welche vielleicht in Jahrhunderten noch keine Lösung finden werden. Wenn die Wolken der dritten Sonnenatmosphäre nur im Augenblicke einer totalen Finsterniß zur Sichtbarkeit gelangen, so werden bei der Seltenheit dieser Phänomene Tausende von Jahren erforderlich sein, um alle diese Conjecturen an der Erfahrung zu prüfen, und die Beobachtung jener Wolken wird nie ein brauchbares Mittel werden, um eine bevorstehende Vermehrung oder Verminderung der Temperatur einige Zeit zum Voraus zu erkennen.

Der Werth dieser Argumentation ruhet ganz auf der Voraussetzung, daß die Wolken der äußeren Sonnenhülle, wie es in der Vergangenheit der Fall gewesen, auch in Zukunft nur während totaler oder fast totaler Sonnenfinsternisse sichtbar sein werden. Ich glaube aber mit einiger Wahrscheinlichkeit die Erwartung aussprechen zu können, daß wenn man sich mit allen geeigneten Vorsichtsmaaßregeln umgibt, die Beobachtung dieser Wolken an gewissen Orten bei heiterem Himmel jeden Tag im Jahre möglich ist.

Weshalb sehen wir die Fixsterne und die Planeten nicht mit bloßem Auge am Tage, wie in der Nacht?

Weil am Tage die Atmosphäre, durch welche die Strahlen der

---

flecken den Wolken der dritten Atmosphäre einräumen? Vielleicht erzeugen diese Wolken die isolirten Halbschatten, die Halbschatten ohne Kern. Die Flecken der letzteren Gattung sind nicht sehr gewöhnlich, und nie beträgt ihre gesammte Ausdehnung einen beträchtlichen aliquoten Theil der Sonnenoberfläche. Bei Annahme dieser Hypothese würde also die regelmäßige Beobachtung der Wolken insofern von Wichtigkeit sein, als sich dadurch ein besonderer Zustand der Photosphäre kund gäbe. Man wird auch zu untersuchen haben, wie das Aussehen der Sonnenscheibe beschaffen sein müßte, wenn die Photosphäre an verschiedenen Stellen mit hervorragenden cylindrischen, kegel- oder pyramidenförmigen Partieen von beträchtlicher Höhe (z. B. gleich dem sechszehnten Theile des Sonnendiameters) versehen wäre, und wenn diese Partieen aus derselben Materie, wie die Photosphäre, beständen. Sehr plausible Annahmen möchten bei einer derartigen Constitution der Sonne auf die Erklärung des Ursprungs gewisser Sonnenfackeln führen. Man würde zu einem ähnlichen Resultate gelangen, wenn man die Wolken selbstleuchtend und durchsichtig voraussetzen wollte.

Sterne und der Planeten zu uns gelangen, erleuchtet ist, und weil das durch die Theilchen der Atmosphäre in der Richtung des Beobachters reflectirte Sonnenlicht die schwächeren Lichtstrahlen, welche sich mit demselben vermischen, auslöscht.

Weshalb sind die Fixsterne und die Planeten desto schwerer wahrzunehmen, je näher sie am Himmel der Sonne stehen?

Weil das atmosphärische Licht in der Nähe der Sonne weit intensiver ist, als entfernt davon.

Alles was das atmosphärische Licht schwächt, wird folglich die Beobachtung der Sterne und der Planeten begünstigen.

Man begreift jetzt ohne Schwierigkeit, wie die röthlichen Protuberanzen (Berge oder Wolken), welche über den Mondumfang hervorragen, bei vollem Sonnenscheine völlig unsichtbar sind, und dagegen während der Dauer einer totalen Verfinsterung leicht wahrnehmbar werden. Im ersten Falle projiciren sich ihre Bilder im Inneren des Auges auf die lebhaft erleuchtete Netzhaut, während sie im zweiten, um sich bemerklich zu machen, blos vor dem schwachen Lichte der farbenlosen Corona sich auszuzeichnen brauchen, welche den Mondrand umgibt.

Während einer partialen Sonnenfinsterniß bleibt bald die Hälfte, bald ein Drittel, ein Viertel, ..., ein Zehntel u. s. w. der ganzen Sonnenoberfläche unbedeckt. Unter übrigens gleichen Umständen variirt der Glanz der Atmosphäre an allen ihren Punkten in demselben Verhältnisse, wenigstens so weit eine einzige Reflexion im Spiele ist; folglich muß sich die Helligkeit des atmosphärischen Lichtes auf dem schmalen den Sonnenrand rings umgebenden Gürtel, in dessen Verlängerung die röthlichen Hervorragungen liegen, gleichfalls respective auf die Hälfte, auf den dritten, den vierten . . . . den zehnten Theil der gewöhnlichen Intensität reduciren. Diese Verminderungen aber können ausreichend sein, um das, was zuerst unsichtbar war, sichtbar zu machen. Man darf demnach hoffen, daß die partialen Sonnenfinsternisse den Astronomen ein Mittel liefern werden, um zahlreiche und genaue Beobachtungen in Betreff der Sonnenwolken anzustellen.

Eine kurze Bemerkung wird genügen, um diejenigen zu widerlegen, welche ohne hinlängliche Prüfung die ausgesprochene Hoffnung für unbegründet halten möchten. Ich brauche nur daran zu erinnern,

daß Lord Aberdour, Short und Van Swinden die röthlichen Protuberanzen bei den blos ringförmigen Finsternissen von 1717, 1748 und 1820 wahrgenommen haben, sowie daß im Jahre 1842 Mayette in Perpignan, sowie Conti und Biela in Padua*) die Hervorragungen noch nach dem Austritte der Sonne, trotz der Blendung sehen konnten, die Jeder beim plötzlichen Uebergange von Dunkelheit zum Lichte erfährt.

Gehen wir einen Schritt weiter:

Jeder Umstand, der die Lichtintensität desjenigen Theiles der Erdatmosphäre, welcher den Umkreis der Sonnenscheibe rings zu umgeben und zu berühren scheint, merklich zu schwächen geeignet ist, wird zur Sichtbarkeit der röthlichen Protuberanzen beitragen. In Uebereinstimmung mit den Beobachtungen der Reisenden lehrt die Theorie, daß vom Gipfel eines hohen Berges aus, vornämlich wenn er isolirt ist, die Atmosphäre außerordentlich dunkel erscheint: man erzählt uns von dem unheimlichen Anblicke eines Himmels schwarz wie ein Ofen, wobei mitten am Tage die größeren Sterne zu sehen waren. Am Morgen des 8. Juli 1842 aber war der Himmel gewiß nirgends düsterer als diese Beschreibungen voraussetzen, denn im Augenblicke der totalen Verfinsterung bemerkten die scharfsichtigsten Augen höchstens fünf oder sechs Sterne! Es ist also die Hoffnung keineswegs chimärisch, daß ein geübter Astronom, vom Gipfel eines sehr hohen Berges aus, im Stande sein sollte, regelmäßig alle Tage die Wolken der dritten Umhüllung zu beobachten, welche scheinbar auf dem Umfange der Sonne oder ein wenig außerhalb liegen; ferner zu bestimmen, was in ihrer Erscheinung Bleibendes und Variables ist; die Perioden ihres Verschwindens und Wiedererscheinens zu untersuchen; endlich Data zu sammeln, welche über die dunkelsten Fragen der Meteorologie vielleicht Licht zu verbreiten bestimmt sind.

Während der Zeit, wo die Astronomen im Juli 1842 mit Bequemlichkeit die Flammen beobachteten, war die Sonnenscheibe durch den Mond ganz verdeckt; es hindert aber Nichts, im Brennpunkte eines Fernrohres einen kreisrunden Metallschirm anzubringen, um genau dieselbe Wirkung hervorzubringen. Eine parallaktische Aufstellung,

*) Im französischen Texte steht irrthümlich Bologna. Anm. d. d. Ausg.

nebst Uhrwerk, das dem Fernrohre die tägliche Umdrehung um die Weltaxe mittheilt, würde zum vollständigen Apparate gehören. Die Wolkenprotuberanzen würden sich jenseit des Randes der Metallplatte, wie 1842 und 1851 jenseit des Mondrandes, zeigen, und die nämliche Leichtigkeit oder Bequemlichkeit der Beobachtung, welche aus der Abwesenheit des Sonnenbildes direct entspringen kann, würde durch die eingeschaltete Platte in demselben Maaße erreicht werden, als durch die Stellung unseres Satelliten in den Jahren 1842 und 1851.

Ich müßte befürchten, meine Vorschläge für reine Chimären gehalten zu sehen, wenn ich nicht auf einige eigenthümliche Fehler aufmerksam machte, die man bei den Erklärungsversuchen für die gewöhnliche Unsichtbarkeit der leuchtenden Hervorragungen begangen hat. In einer sehr verbreiteten Brochure zweier Professoren der Physik finde ich z. B. die Behauptung:

„Da die Berge auf der Sonne, ihre Existenz vorausgesetzt, nur einen kleinen Bruchtheil der ganzen Masse dieses Himmelskörpers bilden, so können sie nur ein unvergleichlich geringeres Licht nach der Erde senden, als der ganze Sonnenball; folglich müssen sie in dem lebhaften Lichte der Sonnenscheibe verschwinden, vorzüglich wenn man durch Einschaltung dunkler Gläser den Glanz schwächt."

Wenn dieses Raisonnement seine Richtigkeit hätte, so wäre damit allerdings das zur Ermittelung der Constitution der Sonne von mir vorgeschlagene Beobachtungssystem vollständig umgestoßen, denn ohne Zweifel steht es in Niemandes Gewalt zu bewirken, daß die Protuberanzen nicht einen kleinen Bruchtheil der ganzen Sonnenmasse ausmachen. Glücklicherweise aber kann ich, ohne eine technische Discussion zu beginnen, die Bemerkung anführen, daß die Sonnenfackeln, die Halbschatten, sowie die kleinsten leuchtenden und dunkeln Partieen der marmorirten Stellen vollkommen sichtbar und ohne Schwierigkeit zu beobachten sind, obgleich die marmorirten Stellen, die Halbschatten und die Sonnenflecken nur einen kleinen Bruchtheil der ganzen Masse (lies Oberfläche) der Sonne bilden.

Ich würde mich sträuben, ohne absolute Nothwendigkeit den seltsamen Irrthum zu bezeichnen, welcher dem auf die Einschaltung geschwärzter Gläser bezüglichen Passus in der Schrift der beiden Pro-

fessoren zu Grunde liegt. Für jetzt begnüge ich mich, einer den evidentesten Principien der Wissenschaft widersprechenden Behauptung eine augenscheinliche Thatsache entgegenzuhalten:

In Wien beobachtete und studirte Schumacher die rothen Protuberanzen durch das gefärbte Glas, welches ihm zur Beobachtung der Phasen der Finsterniß gedient hatte.

An einem anderen Orte*) habe ich mich mit den eigenthümlichen Kunstgriffen beschäftigt, welche dem geübten Astronomen dienen, sich von einer Menge falscher Lichter zu befreien, und dadurch das Gesichtsfeld eines nach der Sonne oder blos nach den in der Nähe liegenden Gegenden gerichteten Fernrohrs beträchtlich dunkler zu machen. Ich füge hier hinzu, daß die Benutzung dieser Hülfsmittel es möglich gemacht hat, Fixsterne und Planeten in sehr großer Nähe der Sonne zu sehen.

Den 19. Mai 1821 bemerkte der Kapitän Kater die Venus nahe bei ihrer oberen Conjunction, als der Planet nur 64′ 50″ vom Centrum der Sonne entfernt war, und der Abstand vom Rande folglich kaum 50 Minuten erreichte.

Am 26. Mai 1821 sah Wollaston die Venus 53′ 15″ vom Mittelpunkte und 37′ von der Peripherie der Sonne. Er beobachtete durch ein Fernrohr von blos 7 engl. Zollen Länge und weniger als 1 Zoll Oeffnung.

Den 30. Mai 1805 endlich hatte Vidal in Toulouse die Venus in einem Abstande von 46 Minuten von der Mitte, und 30 Minuten vom Rande der Sonnenscheibe gesehen.

Was soll uns Venus, wird man vielleicht sagen, es handelt sich ja um die rothen Hervorragungen, und nicht um den hellglänzenden Planeten! Darauf diene zur Antwort, daß, so viel ich gefunden, die der Sonne nahestehenden Planeten bei totalen Finsternissen nicht gerade häufig oder leicht beobachtet worden sind; ich habe z. B. nicht bemerkt, daß bei Gelegenheit der Finsterniß von 1842 viel vom Mars die Rede gewesen ist, der zu jener Zeit von seiner Conjunction nicht allzuweit

---

*) Siehe den zweiten Band der populären Astronomie, 14. Buch, 11. Kapitel, S. 109—113.

entfernt war. Während derselben Finsterniß aber haben viele Personen mit unbewaffnetem Auge die rothen Protuberanzen sich deutlich auf dem hellen, perlmutterglänzenden Strahlenkranze, der den Mond umgab, abzeichnen sehen. Diese einfache Thatsache dürfte, wenn ich nicht irre, vollkommen jeden Vergleich rechtfertigen, den man rücksichtlich des Glanzes zwischen den Planeten und den Protuberanzen aufzustellen für erforderlich halten könnte.

Nach Besprechung der gelehrten Discussionen, welche sich bei Gelegenheit der während der totalen Finsterniß von 1715 um den Mond beobachteten Strahlenkrone, so wie über gewisse schlängelnde Lichterscheinungen auf verschiedenen Punkten der Mondscheibe u. s. w. erhoben hatten, sagte Fontenelle:

„Wenn man sich bei dieser Finsterniß nur um solche Dinge bekümmert hätte, die rein astronomischer Natur sind, so würde man, so zu sagen, leichten Kaufes davongekommen sein. Aber man hat auch physikalische Betrachtungen mit hinein gezogen, und sich dadurch wie gewöhnlich in mancherlei Schwierigkeiten und Ungewißheiten verwickelt gesehen.“

In den Jahren 1842 und 1851 sind die Schwierigkeiten und Ungewißheiten nicht geringer gewesen, als 1715; nur wird heute, wo sich das Gebiet der Astronomie wesentlich erweitert hat, Niemand mehr sagen, daß man sich in physikalische Betrachtungen verwickelt, wenn man aus den Phänomenen einige Aufklärungen über die physische Constitution der Sonne oder des Mondes zu schöpfen sucht. Der Weg, auf dem die Wissenschaften sich entwickeln, ist jetzt zu gut bekannt, als daß ein aufgeklärter Geist sich heutzutage darüber grämen sollte, wenn er aus der eingehenden Prüfung einer Frage Schwierigkeiten entspringen sieht: denn richtig definirte und scharf charakterisirte Schwierigkeiten sind halbe Entdeckungen. In jedem Falle mögen die Studien, mit denen wir uns in diesem Abschnitte beschäftigt haben, darthun, daß ich mich nicht leicht dazu verstehe, die Lösung der astronomischen Probleme auf unbestimmte Zeit zu vertagen.

Ueber die Polarisation des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

[Der Aufsatz über die Polarisation des Lichtes ist im Jahre 1824 für die Encyclopaedia britannica geschrieben; die Uebersetzung ins Englische rührt von Dr. Thomas Young her und findet sich im 18. Bande dieses großen Werkes.

Ueber die Umstände, unter welchen dieser Aufsatz verfaßt worden ist, folgt hier ein von Metz aus an Thomas Young gerichteter Brief Arago's, dessen Concept der berühmte Verfasser seinem Manuscripte beigelegt hat.

„Mein theurer College,

„Es dürfte mir sehr schwer fallen, Ihnen auszudrücken, wie leid es mir gethan hat, bei meiner Rückkehr von Calais nach Paris zu erfahren, daß Sie von dort abgereist waren; ich bin jetzt nicht weniger betroffen, weil meine Frau mir mittheilt, daß Sie sehr ungehalten über mich sind. Die Thatsache scheint sicher; es fragt sich nur, ob Grund dazu vorhanden. Ich soll Ihren letzten Brief nicht einmal einer Antwort gewürdigt haben. Dieser Ausdruck war mir, ich gestehe, gerade aus Ihrer Feder unerwartet, wenn ich erwog, daß er gegen Jemand gerichtet war, der öffentlich und rückhaltslos unter allen Umständen die aufrichtigste Bewunderung für Ihre Arbeiten und Ihren Character ausgesprochen hat. Auch schmeichelte ich mich zuerst, daß er die ungenaue Uebersetzung eines unrichtig verstandenen englischen Wor-

tes wäre; aber selbst dieser Ausweg ist mir abgeschnitten, denn der Brief, worin jenes Wort steht, ist französisch geschrieben. Es bleibt mir also nur übrig mich in mein Schicksal zu fügen, und den Beweis zu versuchen, daß ich nicht so schuldig bin als es scheint.

„Ich habe Ihnen bereits ausführlich meine Verhandlungen mit Herrn Napier in Betreff des Artikels über Polarisation erzählt, auf den ich jetzt wünschte mich niemals eingelassen zu haben. Meine Forderung ging beständig auf eine ausreichende Frist zur Arbeit, und immer beantwortete man mein Verlangen mit der Anweisung so kurzer Zeiträume, daß sie nicht einmal zur Lesung der zahlreichen Abhandlungen genügt haben würden, die über diesen Zweig der Physik erschienen sind. Ich bitte endlich dringend als eine letzte Vergünstigung mir zu gestatten, die Polarisationsphänomene in dem Artikel über Refraction (doppelte) abzuhandeln; man antwortet weder Ja noch Nein, sondern nur, daß ich mit dieser Aenderung Nichts gewinnen würde, weil die zwischen PO und RE liegenden Artikel nicht zahlreich wären.

„Ich hätte gern ganz verzichtet, wenn nicht auf der anderen Seite, wie ich offen gestehen will, meine durch Ihre schmeichelhaften Aufforderungen geweckte Eigenliebe mich getrieben hätte, den Versuch zu wagen, wie weit ich Ihren Wünschen zu entsprechen vermöchte. Ich beschäftigte mich also unverweilt mit der Zusammenstellung des Stoffes; doch war ich erst sehr wenig vorgerückt, als die Befehle des Kriegsministers mich nach Metz riefen, wo ich noch gegenwärtig von früh bis Abends mit der Prüfung der Officiere beschäftigt bin.

„Sie werden mich fragen, was ich mit alle dem sagen will. Erstens: daß ich auf Ihren Brief keine kategorische Antwort geben konnte, bevor ich nicht versucht hatte, ob ich eine hinreichende Zeit gewinnen würde, um Ihren Wünschen zu entsprechen, und daß ich durchaus nicht verdient habe, daß Sie das Wort würdigen gebrauchten; zweitens daß es nicht möglich ist, den Artikel, wenigstens wie ich ihn im Sinn habe, in der kurzen Zeit zu redigiren, die man mir zuzugestehen geneigt scheint. Um Ihnen indeß meinen guten Willen zu zeigen, will ich Ihnen ein Arrangement vorschlagen, wogegen sich, wie mir scheint, schwerlich ein Einwand erheben lassen dürfte.

Ich verpflichte mich, trotz alles Widerwillens, den mir diese Bedingung zu Anfang eingeflößt hatte, den Artikel in solcher Ausdehnung abzufassen, wie Sie mir bezeichnen wollen; dann werde ich das Werk nicht aufhalten; Herr Napier kann mir den verabredeten Raum reserviren, und Satz und Druck der folgenden Artikel fortgehen lassen. Wie können Sie versprechen, wird man mir vielleicht sagen, Ihren Artikel bis auf eine Zeile in den festgesetzten Grenzen zu halten, besonders mit Rücksicht darauf, daß er erst übersetzt werden muß? Ich antworte, daß es Ihnen vollkommen frei stehen soll, was Ihnen gefällt, wegzulassen, und da außerdem der Artikel mit Tafeln endigen soll, so wird sich durch die größere oder geringere Ausdehnung derselben stets erreichen lassen, den Raum so genau wie man will, auszufüllen. Prüfen Sie, darum bitte ich, meinen Vorschlag, sprechen Sie Ihr Urtheil, und würdigen Sie mich dann einer Mittheilung über Ihre und Herrn Napier's Meinung. Wenn Sie den Vorschlag annehmen, so werde ich sofort ans Werk gehen; im entgegengesetzten Falle würde ich den Artikel Polarisation des Lichtes nicht übernehmen können. Eine vollkommen unparteiische Geschichte der Polarisation zu schreiben, alles Unwesentliche auszuscheiden, ist nicht die Arbeit eines Tages, und unglücklicherweise würde Fresnel, auf dessen Hülfe Sie für mich rechneten, mir keine Unterstützung gewähren können, weil er keine fremden Sprachen versteht."

Arago hat sein Manuscript 1852 wieder abschreiben lassen, in der Absicht, seine Arbeit auf den Standpunkt der neuesten Forschungen in diesem Theile der Optik zu stellen. Sein frühzeitiger Tod hat ihm nicht gestattet, diesen Plan zu realisiren.

Der Aufsatz über die Polarisation entspricht also genau dem Manuscripte von 1824. Einige darin leer gebliebene Zahlen und einige unvollendete Rechnungen sind nach dem englischen Texte der Encyclopaedia britannica ausgefüllt oder ausgeführt worden.]

Zweites Kapitel.

Definition eines polarisirten Strahles.

Bis fast zu diesen letzten Jahren hatten die meisten Physiker und fast sämmtliche Mathematiker die Lichtstrahlen als aus äußerst kleinen Molecülen, welche die leuchtenden Körper nach allen Seiten mit sehr großer Geschwindigkeit ausstießen, bestehend angesehen. Die Gestalt dieser Molecüle war unbestimmt gelassen worden. Da indeß aus einer älteren Beobachtung hervorging, daß gewisse Strahlen nicht auf allen Punkten ihres Umfanges dieselben Eigenschaften besitzen, so mußte man ihre Elementartheilchen kleinen Magneten vergleichen, sie mit Polen begabt annehmen. Seitdem nannte man polarisirten Strahl jeden dergestalt modificirten Strahl, daß die polaren Eigenschaften der Molecüle darin sichtbar waren.

Wir werden diesen Aufsatz mit der Beschreibung der verschiedenen Mittel, die man zur Polarisirung der Strahlen entdeckt hat, beginnen.

Drittes Kapitel.

Ueber die Doppelbrechung als Mittel zur Polarisirung des Lichtes.

Gesetzt ein Strahl natürlichen Lichtes, d. h. eines direct von einem leuchtenden Körper kommenden Lichtes, das weder Brechung noch Zurückwerfung erlitten hat, falle auf einen Krystall von kohlensaurem Kalk, und zwar senkrecht auf eine natürliche oder künstliche Fläche. Dies Bündel wird im Allgemeinen bei seinem Eindringen in den Krystall eine Spaltung erleiden: die eine Hälfte des einfallenden Lichtes wird den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung entsprechend ihren Weg in gerader Linie fortsetzen; die andere Hälfte wird eine sehr sonderbare Erscheinung darbieten: sie wird sich in dem Krystalle in einer gegen die Oberfläche schiefen Richtung fortpflanzen, obwohl sie aus einem Strahle stammt, der auf derselben senkrecht war. Die erste Hälfte heißt der regelmäßige oder gewöhnliche oder ordentliche Strahl, während die zweite Hälfte den unregelmäßigen oder

ungewöhnlichen oder außerordentlichen Strahl bildet. Die Ebene, welche durch diese beiden Strahlen geht, steht offenbar senkrecht auf der Krystallfläche; sie spielt in den Polarisationserscheinungen eine große Rolle; man bezeichnet sie mit dem Namen des Hauptschnittes.

Aus dieser Definition sieht man, daß jedem Lichtstrahle, jedem Einfallspunkte auf einem gegebenen Krystalle ein Hauptschnitt entspricht; es ist nur wichtig zu bemerken, daß alle diese Hauptschnitte unter einander parallel sind. In einem Rhomboeder isländischen Doppelspaths schneidet der Hauptschnitt seine natürlichen Flächen in einer Linie, die mit der durch die stumpfen Winkel des Rhombus gelegten und diese Figur halbirenden Diagonale parallel geht.

Sowohl die regelmäßigen als auch die unregelmäßigen Strahlen erlangen in dem Krystalle neue Eigenschaften, welche das directe Licht nicht besitzt. Zum Nachweise des Gesagten wird die Beschreibung der Vorgänge genügen, welche jeder dieser Strahlen zeigt, wenn er auf einen zweiten doppeltbrechenden Krystall trifft. Wir wollen uns zuerst mit dem regelmäßigen Strahle beschäftigen, d. h. mit demjenigen, der geradlinig ohne gebrochen zu werden, in den Krystall eindringt.

Wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalles parallel mit dem Hauptschnitte des ersten Krystalles liegt, den zuvor der regelmäßige Strahl durchlaufen hat, so erleidet dieser Strahl darin keine Doppelbrechung; er verfolgt ganz und gar, ohne sich zu theilen, den regelmäßigen Weg. Wenn die Hauptschnitte der beiden Krystalle auf einander senkrecht stehen, so verwandelt sich der Strahl, welcher im ersten Krystalle der regelmäßige war, im zweiten in den unregelmäßigen, d. h. er wird darin, trotzdem er senkrecht auf seine Flächen einfällt, gebrochen. Wenn endlich die beiden Hauptschnitte weder senkrecht noch parallel zu einander sind, so erleidet jener Strahl in dem zweiten Krystalle stets die Doppelbrechung; doch besitzen die beiden Strahlen, die dadurch entstehen, ungleiche Intensitäten, mit Ausnahme des einzigen Falles, wo die Hauptschnitte einen Winkel von 45° unter sich bilden.

Der unregelmäßige Strahl zeigt analoge Erscheinungen: er bleibt unregelmäßiger Strahl in jedem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit

dem Hauptschnitte des Krystalles, aus dem er herkommt, parallel liegt; er wird regelmäßiger Strahl, wenn diese beiden Hauptschnitte auf einander senkrecht sind; er theilt sich in zwei gleich helle Bündel, wenn dieselben einen Winkel von 45° mit einander bilden, und gibt bei jeder anderen Lage stets zwei Bündel, aber von ungleichen Intensitäten.

Die experimentelle Bestätigung der vorstehenden Resultate ist sehr leicht. Man spannt horizontal auf einem Tische ein Blatt schwarzes Papier auf, zieht darauf nach zwei auf einander rechtwinkligen Richtungen zwei sehr feine gerade Linien, und macht an ihrem Durchschnittspunkte einen weißen Flecken von einer gewissen Ausdehnung. Auf das Papier legt man ein Kalkspathrhomboeder; stellt man dann das Auge vertical über den Flecken, so bemerkt man zwei Bilder, die auf einer mit der kurzen Diagonale der oberen Rhomboederfläche parallelen geraden Linie liegen. Das eine dieser Bilder erscheint an dem Orte, wo der weiße Punkt sich befindet, wie man leicht durch die beiden geraden rechtwinkligen Linien, die dort zusammentreffen und deren Verlängerungen über den Krystall hinausgehen, erkennt; die Strahlen, die es bilden, haben keine Brechung erlitten; es ist also das regelmäßige Bild. Die andern Strahlen sind gebrochen, weil sie verlängert nicht durch den weißen Punkt gehen, und bestimmen also den unregelmäßigen Strahl.

Legt man auf diesen ersten Krystall einen zweiten dergestalt, daß die kurzen Diagonalen der im Contact befindlichen Flächen einander parallel sind, so erblickt man ebenfalls nur zwei Bilder des weißen Punktes; sie sind aber weiter von einander entfernt. Das eine erscheint in der Richtung selbst, wo der Punkt sich befindet; woraus hervorgeht, daß die Strahlen, welche es bilden, ebensowenig in dem zweiten Krystall als in dem ersten gebrochen werden, oder daß sie stets regelmäßige Strahlen bleiben. Daß das zweite Bild weiter von dem wahren Orte des Punktes sich entfernt, wenn man es durch die beiden auf einander liegenden Krystalle betrachtet, ist ein Beweis, daß die Strahlen, welche bereits in dem untern Rhomboeder die unregelmäßige Brechung erfahren haben, eben diese Art von Brechung auch bei ihrem Durchgange durch den zweiten Krystall erleiden.

Dreht man das obere Rhomboeder langsam um die Verticale, so

daß sein Hauptschnitt sich von dem des andern Krystalles entfernt, so beginnt jedes der vorhergehenden Bilder sich in zwei andere zu theilen. Die beiden neuen Bilder sind anfangs sehr schwach; ihre Intensität steigt aber in dem Maaße, als der Winkel der beiden Hauptschnitte wächst, allmälich auf Kosten der ursprünglichen Bilder; hat endlich dieser Winkel 90° erreicht, so sind die beiden ursprünglichen Bilder gänzlich verschwunden und nur noch die neuen Bilder übrig geblieben. Das eine derselben erscheint von dem materiellen weißen Punkte in der Richtung der kurzen Diagonale des obern Rhomboeders um eine sehr nahe dem Werthe der Doppelbrechung dieses Rhomboeders gleiche Größe entfernt, d. h. gerade so weit entfernt, als wenn der andere Krystall gar nicht existirte. Dies Bild ist also offenbar durch Strahlen gebildet, die in dem untern Krystalle die regelmäßige und in dem obern die unregelmäßige Brechung erlitten haben. Ebenso leicht findet man, daß dagegen das andere Bild aus Strahlen stammt, die in dem untern Rhomboeder zuerst unregelmäßig, und in dem obern dann regelmäßig gebrochen worden sind. Da es schwierig ist, sich sehr durchsichtige dicke Kalkspathrhomboeder zu verschaffen, so kann man dieselben Versuche mittelst zweier aus doppeltbrechenden Krystallen geschnittener Prismen, die man durch Combination mit passenden in entgegengesetztem Sinne gestellten Prismen aus gewöhnlichem Glase achromatisirt hat, wiederholen; durch solche zwei aufeinander gelegte achromatische Prismen erscheint das Bild einer Kerze, je nach den relativen Lagen der Hauptschnitte, vierfach oder doppelt. Man erkennt dann sehr deutlich, daß diejenigen Bilder, welche verschwinden, nicht mit den beiden andern verschmelzen; denn man sieht sie allmälich schwächer werden, während die andern in demselben Grade an Intensität zunehmen.

Fassen wir also kurz zusammen, so

1) theilt sich das directe Licht bei seinem Durchgange durch einen Kalkspath stets in zwei Bündel; dagegen spaltet sich das Licht, woraus ein beliebiges dieser beiden Bündel besteht, wenn es der Wirkung eines ähnlichen Krystalles unterworfen wird, in gewissen besondern Lagen des Hauptschnittes nicht, und gibt also nur ein einziges Bündel.

2) Die beiden von dem directen Lichte gelieferten Bilder haben stets gleiche Intensitäten; dagegen gibt das Licht des regelmäßigen oder

unregelmäßigen Bündels, wenn es die Doppelbrechung erleidet, fast stets Bilder von ungleichen Intensitäten.

Der Act der Doppelbrechung hat dieser letztern Lichtgattung also neue Eigenschaften ertheilt, durch welche man sie stets von dem natürlichen Lichte unterscheiden kann. Sind übrigens diese Eigenschaften der Art, daß sie sich nur durch die Annahme erklären lassen, daß die elementaren Molecüle der Strahlen Pole besitzen? Dies soll jetzt untersucht werden.

Wir wollen annehmen, ein Kalkspathrhomboeder sei horizontal gelegt, das einfallende Licht treffe seine obere Fläche senkrecht, und sein Hauptschnitt, der vertical steht, sei grade von Norden nach Süden gerichtet, oder falle kurz gesagt mit dem Meridian zusammen. Man beachte wohl, daß wir diese besondern Lagen des Strahles und des Krystalls nur wählen, um von einem ganz bestimmten Falle auszugehen.

Wird der aus diesem Krystalle austretende regelmäßige Strahl der Wirkung eines zweiten ähnlich gestellten Rhomboeders, d. h. eines solchen, dessen Hauptschnitt ebenfalls vertical und in der Ebene des Meridians liegt, unterworfen, so geht er, wie wir gesehen haben, durch dasselbe ungebrochen hindurch; er setzt seinen Weg geradlinig fort, er bleibt der regelmäßige Strahl.

Wenn aber der Hauptschnitt des zweiten Rhomboeders, während er stets vertical bleibt, die Richtung von Ost nach West erhält, so wird der aus dem ersten Krystalle austretende Strahl, trotzdem er senkrecht auf die Oberfläche des zweiten auffällt, in diesem gebrochen; er wird darin zum unregelmäßigen Strahle.

Im ersten Falle schnitt der Hauptschnitt des zweiten Rhomboeders den Strahl, oder wenn man will die Lichtmolecüle, die ihn bilden, in der Richtung von Norden nach Süden; im zweiten wurden diese Molecüle in der Richtung von Osten nach Westen geschnitten. Man bemerke übrigens, daß hierin die ganze Veränderung vom ersten zum zweiten Versuche besteht, weil der analysirte Strahl stets denselben materiellen Punkt des zweiten Krystalls und auch unter derselben Neigung trifft. Es ist also nothwendig, daß in diesem Strahle oder in den

Elementen, aus denen er besteht, die nördlichen und südlichen Seiten nicht dieselben Eigenschaften besitzen, wie die östlichen und westlichen.

Analysirt man das unregelmäßige Bündel mit einem zweiten Krystalle, so erleidet es, wenn der Hauptschnitt dasselbe in der Richtung von Norden nach Süden schneidet, die unregelmäßige Brechung; während es dagegen die regelmäßige Brechung erfährt, sobald es von eben dieser Ebene in der Richtung von Osten nach Westen geschnitten wird. Dies ist genau das Entgegengesetzte von dem, was wir bei der Analyse des regelmäßigen Strahles beobachtet haben. Die nördlichen und südlichen Seiten dieses letztern Bündels besitzen also die Eigenschaften der östlichen und westlichen Seiten des unregelmäßigen Bildes, und umgekehrt; hierin allein unterscheiden sich diese beiden Bündel; die mit analogen Eigenschaften begabten Seiten sind nur verschieden orientirt, dergestalt daß es, wenn man einen aus irgend einem Krystalle austretenden unregelmäßigen Strahl eine Vierteldrehung um sich selbst machen ließe, unmöglich sein würde, ihn von dem regelmäßigen Strahle zu unterscheiden.

Wenn die Physiker von einem natürlichen oder künstlichen Magnete sagen, daß er Pole habe, so verstehen sie unter diesem Ausdrucke nur, daß gewisse Punkte des Umfangs des Magnets mit besonderen Eigenschaften begabt sind, welche die übrigen Punkte des Umfangs gar nicht oder wenigstens nicht in demselben Grade besitzen. Man hat also von den durch Spaltung des natürlichen Lichtes in einem Kalkspathrhomboeder entstandenen regelmäßigen und unregelmäßigen Strahlen mit gleichem Rechte sagen können, daß sie Pole hätten, daß sie polarisirt wären. Um nicht die Analogie des polarisirten Strahles und eines Magnets über die erlaubten Grenzen auszudehnen, wird man nur beachten müssen, daß auf jedem Elemente dieses Strahles die diametral entgegengesetzten Seiten oder Pole (z. B. der Nord- und der Südpol des regelmäßigen Strahles in der besondern Lage, die wir dem Rhomboeder gegeben haben) beide genau dieselben Eigenschaften zu besitzen scheinen; mit verschiedenen Eigenschaften begabte Pole wird man auf demselben Strahle erst 90° von jenen zwei Punkten auf einer Geraden finden, welche auf der sie verbindenden Linie senkrecht steht. Wenn man aber gleichzeitig die beiden aus einem gegebenen Krystalle

austretenden Bündel mit einander vergleicht, so liegen die mit denselben Eigenschaften begabten Pole auf ihnen in zwei rechtwinkligen Richtungen.

Betrachten wir noch ein letztes Mal die beiden Strahlen, welche aus einem Krystalle austreten, dessen Hauptschnitt, um von einem bestimmten Falle auszugehen, mit der Ebene des Meridians zusammenfällt: es liegt kein plausibler Grund vor, die Benennung Pole mehr den nördlichen und südlichen Seiten des regelmäßigen Strahles als den östlichen und westlichen Seiten desselben beizulegen. Da indeß eine Wahl getroffen werden mußte, so ist man allgemein überein gekommen, den Namen Pole den nördlichen und südlichen Seiten zu ertheilen. Seitdem hat man gesagt, daß der regelmäßige Strahl in der Ebene des Hauptschnittes polarisirt sei was; ausdrückt, daß bei den verschiedenen Elementen dieses Strahles diejenigen Flächen, die wir Pole genannt haben, sich in dieser Ebene finden. Was den unregelmäßigen Strahl anlangt, so ist er senkrecht auf den Hauptschnitt polarisirt, d. h. die Pole desselben liegen senkrecht gegen diesen Schnitt, weil er dem regelmäßigen Strahle vollständig ähnlich wird, sobald man ihn eine Vierteldrehung um sich selbst machen läßt.

An diesem Punkte angelangt, wird man sich ohne Zweifel fragen, ob man annehmen soll, daß die Spaltung des Lichtes in dem Krystalle den Molecülen die Pole erst gegeben habe, oder ob es wahrscheinlicher sei, daß bereits vorhandene Pole nur nach denselben Gegenden des Raumes gerichtet werden? Die Beantwortung dieser Frage ist sehr schwierig; man wird später, wenn nicht einen Beweis für diese zweite Hypothese, doch wenigstens plausible Gründe für ihre Wahrscheinlichkeit finden. Hier will ich mich mit der Bemerkung begnügen, daß die von den Strahlen erlittene Modification von der Substanz des Krystalles, falls er überhaupt das Licht doppelt bricht, ganz und gar unabhängig ist, und daß alle Erscheinungen, welche zwei auf einander gelegte Kalkspathromboeder darbieten, sich bis in die kleinsten Einzelheiten wiederholen würden, wenn man z. B. eins dieser Rhomboeder mit einem Krystalle von kohlensaurem Bleioxyd combinirte; und ebenso wenn der erste Krystall aus Schwefel, der zweite aus Quarz, Schwerspath u. s. w. bestände.

Uebrigens treten nicht blos in den Vorgängen der Doppelbrechung die besondern Eigenschaften der polarisirten Strahlen hervor; die Reflexion dieser Strahlen auf durchsichtigen Spiegeln gewährt ebenfalls die Mittel, sie von den gewöhnlichen Strahlen zu unterscheiden.

Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes unter irgend einer Neigung auf einen durchsichtigen Spiegel auffällt, so spaltet es sich in zwei Theile: der eine geht durch den Spiegel hindurch, der andere wird zurückgeworfen. Dieser letztere ist stets in einer durch die Richtung des ursprünglichen Bündels und durch die Normale im Einfallspunkte gelegten Ebene enthalten. Diese Ebene heißt Reflexionsebene; man muß sie wohl von der Ebene unterscheiden, auf welcher die Reflexion erfolgt, und die mit dem Namen der reflectirenden Ebene zu bezeichnen ist.

Dies vorausgeschickt, stellen wir den Hauptschnitt eines doppeltbrechenden Krystalles vertical, lassen senkrecht gegen seine Flächen ein Bündel gewöhnlichen Lichtes hindurchgehen, und fangen die beiden dadurch erzeugten austretenden Bündel auf einem horizontalen Wasserspiegel auf, wobei wir voraussetzen, daß der regelmäßige Strahl mit der Oberfläche der Flüssigkeit einen Winkel von 37° 15′ macht. Dieser Strahl erfährt dann eine partielle Reflexion, wie sie bei directem Lichte eintritt, während der unregelmäßige Strahl, wenn sein Einfallswinkel ebenfalls 37° 15′ beträgt, ganz und gar in die Flüssigkeit eindringt, ohne daß irgend eins seiner Molecüle zurückgeworfen wird; ein Merkmal, welches dieses letztere Bündel sehr deutlich von dem natürlichen Lichte unterscheidet.

Ertheilen wir, während sämmtliche Umstände des vorhergehenden Versuchs dieselben bleiben, dem Krystalle eine Vierteldrehung um die Strahlen, die durch ihn hindurchgehen; diese Bewegung führt den Hauptschnitt in eine auf seine ursprüngliche Lage senkrechte Ebene; dann wird unter der Neigung von 37° 15′ der regelmäßige Strahl allein ungetheilt in die Flüssigkeit eindringen, der andere dagegen eine partielle Reflexion erleiden, welche genau derjenigen gleich ist, die wir im ersten Falle bei dem regelmäßigen Strahle gefunden hatten: ein neuer Beweis, daß diese beiden Strahlen sich nur durch die

Art unterscheiden, wie diejenigen ihrer Seiten, welche ähnliche Eigenschaften besitzen, orientirt sind.

In allen zwischen diesen beiden extremen Lagen intermediären Stellungen des Hauptschnittes erleiden beide Bündel eine partielle Reflexion, und zwar der regelmäßige Strahl um so stärker, je näher der Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, und der unregelmäßige um so stärker, je mehr der Winkel zwischen diesen beiden Ebenen sich einem rechten nähert.

Ich schließe dieses Kapitel mit der Anführung des mathematischen Gesetzes, welches die relativen Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Strahls, in welche das polarisirte Licht sich bei seiner Analyse mit einem doppeltbrechenden Krystalle zerlegt, auszudrücken scheint.

Es sei F_o die Intensität des aus irgend einem Krystalle austretenden regelmäßigen Bündels, und F_{oo} und F_{oe} die Intensitäten des regelmäßigen und unregelmäßigen Bündels, welche beim Durchgange durch einen zweiten Krystall aus dem ersten Bündel entstanden sind. Ist der Winkel der beiden Hauptschnitte i so hat man

$$F_{oo} = F_o \cos^2 i, \quad F_{oe} = F_o \sin^2 i.$$

Wir wollen für einige besondere Fälle die speciellen Werthe dieser Ausdrücke angeben.

Wenn $i = 0$, so hat man $\cos^2 0 = 1$, $\sin^2 0 = 0$ und folglich
$F_{oo} = F_o$, und $F_{oe} = 0$.

Wenn $i = 90^0$, so hat man $\cos^2 90^0 = 0$, $\sin^2 90 = 1$, und folglich
$F_{oo} = 0$, und $F_{oe} = F_o$.

Wenn $i = 45^0$, so hat man $\cos^2 45^0 = \sin^2 45 = 1/_2$, und folglich
$F_{oo} = 1/_2 F_o$, und $F_{oe} = 1/_2 F_o$.

Diese drei Folgerungen aus den Formeln stehen, wie man gesehen hat, mit den Beobachtungen im Einklange; man würde jedoch nur das Recht haben, zu behaupten, daß diese Formeln mathematisch streng wären, wenn man sie auch für einige zwischen 0^0, 45^0 und 90^0 liegende Winkel bestätigt hätte.

Die Formeln, welche dem unregelmäßigen Strahle entsprechen, sind ebenso einfach als die vorstehenden. Bezeichnet F_e die Intensität dieses Strahles; F_{eo} und F_{ee} die Intensitäten des regelmäßigen und

des unregelmäßigen Strahles, in welche derselbe sich in einem Krystalle zerlegt, so erhält man, wenn i dieselbe Bedeutung wie zuvor hat

$$F_{eo} = F_e \sin^2 i, \text{ und } F_{ee} = F_e \cos^2 i.$$

Ist $i = 0$, so wird $F_{eo} = 0$ und $F_{ee} = F_e$.

Und in der That gibt es dann keinen regelmäßigen Strahl; das gesammte Licht erleidet die unregelmäßige Brechung.

Nimmt man $i = 90^0$, so kommt $F_{eo} = F_e$, und $F_{ee} = 0$.

Auch dies bestätigt die Beobachtung, weil der aus einem Krystalle kommende unregelmäßige Strahl beim Durchgange durch einen zweiten Krystall, dessen Hauptschnitt auf dem des ersten senkrecht steht, ganz und gar die regelmäßige Brechung erleidet. Dieselbe Uebereinstimmung würde man zwischen der Rechnung und der Erfahrung finden, wenn $i = 45^0$ ist. Dies hindert aber nicht, daß die Formeln nicht ebenso, wie die des regelmäßigen Strahles für die intermediären Werthe zwischen den genannten Winkeln einer Bestätigung durch directe Versuche bedürften.

Viertes Kapitel.

Von der Reflexion als Mittel zur Polarisirung des Lichtes.

Die Reflexion auf durchsichtigen Spiegeln liefert, wie wir zuvor gesehen haben, ein geeignetes Kriterium, um die polarisirten Strahlen von den directen zu unterscheiden; wir müssen hinzufügen, daß sie auch ein Mittel ist, das Licht zu polarisiren.

Man lasse z. B. ein Bündel natürlicher Lichtstrahlen auf einen horizontalen Spiegel von gewöhnlichem Glase in der Weise auffallen, daß die von der Oberfläche des Spiegels aus gezählte Neigung ungefähr 35^0 beträgt: ein Theil des Lichtes wird durch das Glas hindurchgehen, ein anderer reflectirt werden, und dieser reflectirte Theil gerade so polarisirt sein, wie der aus einem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, austretende regelmäßige Strahl.

In der That, wenn man dieses partiell zurückgeworfene Licht mittelst eines Krystalles analysirt, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, so spaltet es sich in demselben nicht; man erhält nur ein regelmäßiges Bild. Dasselbe Bündel theilt sich beim Durchgange durch den Krystall ebensowenig, wenn der Hauptschnitt auf der Reflexionsebene senkrecht steht; nur gibt es dann ein unregelmäßiges Bild. In jedem andern Falle erhält man gleichzeitig ein regelmäßiges und ein unregelmäßiges Bild; die Intensität des regelmäßigen Bildes wird durch die Formel $F \cos^2 i$ ausgedrückt, in welcher F die totale Intensität des Bündels, mit dem man operirt, und i den Winkel zwischen dem Hauptschnitte des Krystalles und der Reflexionsebene bezeichnet. Diese Formel fällt, wie man sieht, mit derjenigen zusammen, die wir in dem Falle zweier über einander liegender Krystalle für den regelmäßigen Strahl gegeben haben. Die Reflexionsebene spielt hier die Rolle des Hauptschnitts des ersten Krystalles; in dieser Ebene wird also der Strahl durch die Zurückwerfung polarisirt.

Bevor wir indeß die Identität dieser Art von Polarisation, welche die unter gewissen Winkeln auf der Oberfläche der durchsichtigen Körper eintretende partielle Reflexion dem Lichte einprägt, mit der durch die Doppelbrechung hervorgerufenen behaupten können, müssen wir den durch eine erste Reflexion polarisirten Strahl der Prüfung durch neue Reflexionen unterwerfen.

Diese zweiten Reflexionen werden offenbar das Licht von oben nach unten zurückwerfen, wenn der Spiegel oberhalb des Strahles; von unten nach oben, wenn er unterhalb steht; von rechts nach links, wenn der Spiegel dem Strahle auf seiner rechten Seite, und in entgegengesetzter Richtung, wenn er demselben auf seiner linken Seite entgegentritt.

Wenn der zweite Spiegel ober- oder unterhalb des Strahles in der Weise angebracht ist, daß die neue Reflexionsebene mit der alten zusammenfällt, so findet unter allen Neigungen eine partielle Reflexion statt. Wenn dagegen dieser Spiegel dem Strahle auf seiner rechten oder linken Seite entgegentritt, dergestalt daß die neue Reflexionsebene auf der ersten senkrecht steht, so hört jede Reflexion auf, sobald die Neigung ungefähr 35° beträgt. In den Zwischenlagen des

Spiegels ändert sich unter der constanten Neigung von nahe 35° die Intensität der Reflexion proportional mit dem Cosinusquadrat des Winkels, welchen die alte und die neue Polarisationsebene mit einander bilden.

Die geringste Aufmerksamkeit zeigt, welchen innigen Zusammenhang dieser Versuch mit einem derjenigen Versuche hat, die wir oben mit einem Kalkspathrhomboeder ausführten. Um damals zu sehen, ob der regelmäßige Strahl auf allen Punkten seines Umfanges dieselben Eigenschaften besaß, ertheilten wir dem Krystalle eine Rotationsbewegung um den Strahl, dergestalt daß der Hauptschnitt, und folglich die in ihm enthaltenen Pole successive von oben nach unten, von rechts nach links u. s. w. gerichtet waren, und ließen in diesen verschiedenen Lagen den Strahl auf einen durchsichtigen Spiegel fallen. Jetzt haben wir die erste reflectirende Ebene unverändert gelassen, und die zweite um den Strahl gedreht, sie ihm auf seinen verschiedenen Seiten entgegengestellt. Diese Prüfung ist augenscheinlich der vorhergehenden ähnlich, und ergibt dasselbe Resultat.

Wir können daher jetzt behaupten, daß der auf der oberen Fläche eines Glasspiegels unter dem Winkel von ungefähr 35° reflectirte Strahl in allen Beziehungen dieselben Eigenschaften besitzt, wie der Strahl, welcher aus einem Krystalle hervorgehen würde, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfiele.

Wir haben bei diesem Versuche einen durchsichtigen Glasspiegel angewandt, müssen aber hinzufügen, daß es auch undurchsichtige Körper gibt, wie schwarzen Marmor, Ebenholz, Firnisse u. s. w., welche gleichfalls mit der Eigenschaft begabt sind, die auf ihrer Oberfläche reflectirten Strahlen zu polarisiren. Dreht man diese Körper um einen polarisirten Strahl, so verhalten sie sich bei den Reflexionsphänomenen, als ob sie durchsichtig wären.

Fünftes Kapitel.

Partiell polarisirte Strahlen.

Partiell polarisirte Strahlen nennt man solche Strahlen, die so zu sagen intermediäre Eigenschaften zwischen den Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes und des vollständig polarisirten Lichtes besitzen.

Diese Strahlen unterscheiden sich vom polarisirten Lichte dadurch, daß sie beim Durchgange durch einen doppeltbrechenden Krystall stets zwei Bündel geben, während sie von dem natürlichen Lichte darin abweichen, daß diese beiden Bündel nicht in allen Lagen des Hauptschnittes eben dieses Krystalles dieselbe Intensität zeigen.

Wir wollen sehen, ob ein partiell polarisirtes Bündel nicht als aus einem Theile A polarisirten und einem Theile B natürlichen Lichtes gebildet angenommen werden könne. Der letztere Theil würde sich bei seinem Durchgange durch einen doppeltbrechenden Krystall stets zu gleichen Theilen zwischen dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Bündel theilen, der erstere dagegen bisweilen bald ganz in das erste, bald ganz in das zweite Bündel übergehen.

In einer gewissen Lage des Hauptschnittes würden also die relativen Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Bündels $\frac{1}{2}B + A$ und $\frac{1}{2}B$ sein.

Nachdem der Krystall eine Vierteldrehung gemacht hat, würde man in dem regelmäßigen Bündel nur die Intensität $\frac{1}{2}B$ finden, während dieselbe in dem anderen Bündel auf $\frac{1}{2}B + A$ gestiegen wäre.

In allen anderen Lagen, als den vorhergehenden, würde sich A unter die beiden Bilder vertheilen.

Der von A in dem regelmäßigen Bilde enthaltene Theil würde stets durch die Formel $A \cos^2 i$ gegeben sein, wo i den Winkel zwischen der Polarisationsebene des Lichtes und dem Hauptschnitte des Krystalles bezeichnet.

Wenn $i = 45^0$ wäre, so würden beide Bilder dieselbe Intensität besitzen.

Alle diese Folgerungen aus der Hypothese, von welcher wir ausgegangen sind, stimmen mit der Erfahrung überein. Es ist daher die Annahme gestattet, daß ein partiell polarisirter Strahl aus zwei unterschiedenen Theilen, einem aus natürlichem Lichte B, und einem zweiten aus vollständig polarisirtem Lichte A gebildeten, bestehe.

In jedem senkrecht auf einem durchsichtigen Spiegel reflectirten Bündel, (und zwar ist dies der einzige Fall), ist der Theil A Null. Darauf erlangt dieser Theil um so beträchtlichere Werthe, je mehr der Winkel zwischen dem einfallenden Strahle und der Normale wächst.

Unter der Neigung, welche wir den Winkel der vollständigen Polarisation genannt haben, ist B = 0, und A bildet das ganze reflectirte Bündel. Sobald die Neigung noch größer wird, erscheint in diesem Bündel von Neuem gleichzeitig natürliches Licht B und polarisirtes Licht A. Wenn endlich der einfallende und der zurückgeworfene Strahl so zu sagen die Oberfläche des Spiegels streifen, ist A zum zweiten Male sehr schwach gegen B.

Die Metallspiegel polarisiren unter keiner Neigung die von ihnen reflectirten Strahlen vollständig. Wie für die durchsichtigen Spiegel hat man bei senkrechter Incidenz $A = 0$; bei jedem anderen Winkel bleibt A merklich, d. h. das Licht ist partiell polarisirt. Man nennt Polarisationswinkel eines Metalles denjenigen Winkel, für welchen der Quotient $\frac{A}{B}$ ein Maximum wird.

Es gibt ebenfalls durchsichtige Körper, wie den Diamant, den Schwefel u. s. w., welche durch die Reflexion auf ihrer Oberfläche das Licht niemals vollständig polarisiren; aber das Verhältniß $\frac{A}{B}$ erlangt bei ihnen wenigstens viel größere Werthe als bei den Metallen.

Das mathematische Gesetz, welches die Intensität von A mit dem Einfallswinkel und dem Brechungsvermögen des Spiegels verknüpft, ist noch nicht entdeckt worden. Man weiß nur, daß bei gleichen Winkelabständen ober- und unterhalb des Winkels der vollständigen Polarisation das Verhältniß von A zu A + B fast dasselbe ist, obschon die absoluten Werthe von A und B sich stark geändert haben können.

So findet man z. B. auf einem Glase von St. Gobin, wo die vollständige Polarisation bei einer Neigung des Strahles von ungefähr 35° gegen die Oberfläche eintritt, daß die reflectirten Bündel dieselbe relative Menge von polarisirtem Lichte bei folgenden Winkeln enthalten:

	65° 42′	63° 54′	60° 18′
	und 7 12	und 7 55	und 11 40
Mittel	36° 27′	35° 55′	35° 59′

Für Wasser ist das Verhältniß von A zu A + B fast dasselbe bei den Winkeln 3° 29′ und 73° 48′; das Mittel dieser beiden Werthe

38° 36′ übertrifft kaum den wahren Winkel der vollständigen Polarisation um $1^1/_4$°, obgleich es aus Winkeln hergeleitet ist, die um mehr als 30° davon abstehen.

Ebenso wie die Astronomen den Augenblick des Durchganges eines Gestirns durch den Meridian mittelst correspondirender, vor und nach diesem Durchgange beobachteter Höhen bestimmen, würde man also mit ziemlicher Genauigkeit den Winkel der vollständigen Polarisation durch die halbe Summe der Neigungen, welche aequivalenten partiellen Polarisationen entsprechen, erhalten können, besonders wenn man sich nicht zu weit von dem gesuchten Winkel entfernte. Dies Verfahren ist nicht ohne Nutzen, wenn man mit Körpern operirt, die unter keinem Einfallswinkel die Strahlen vollständig polarisiren.

Sechstes Kapitel.

Ueber den Zusammenhang der Brechungsexponenten der Körper mit den Winkeln der vollständigen Polarisation.

Man braucht auf die von den Physikern über die Winkel, wo für verschiedenartige Körper eine vollständige Polarisation des reflectirten Strahles eintritt, veröffentlichten Tabellen nur einen Blick zu werfen, um zu sehen, daß diese Winkel, von der Verticale aus gerechnet, sich um so mehr einem rechten nähern, je stärker diese Körper das Licht brechen; jedoch war es nicht eben so leicht, den merkwürdigen Zusammenhang zwischen diesen beiden Elementen, den ich jetzt erläutern will, zu erkennen.

Wenn ein Lichtstrahl IO (Fig. 6) aus dem leeren Raume in ein gewisses Mittel SS′ übergeht, so wird er im Einfallspunkte O gebrochen; anstatt der gradlinigen Verlängerung OI′ von IO zu folgen, nähert er sich dem Einfallslothe PQ und erhält z. B. die Richtung OR. Die Winkel POI und QOR sind für jedes Mittel durch folgende Proportion verknüpft:

$$\sin POI : \sin QOR = m : 1,$$

in welcher m stets einen constanten Werth behält, welches auch die

Winkel POI und QOR sein mögen. Diese Größe m, die stets größer als 1 ist, heißt der **Brechungsexponent** des Mittels. Man

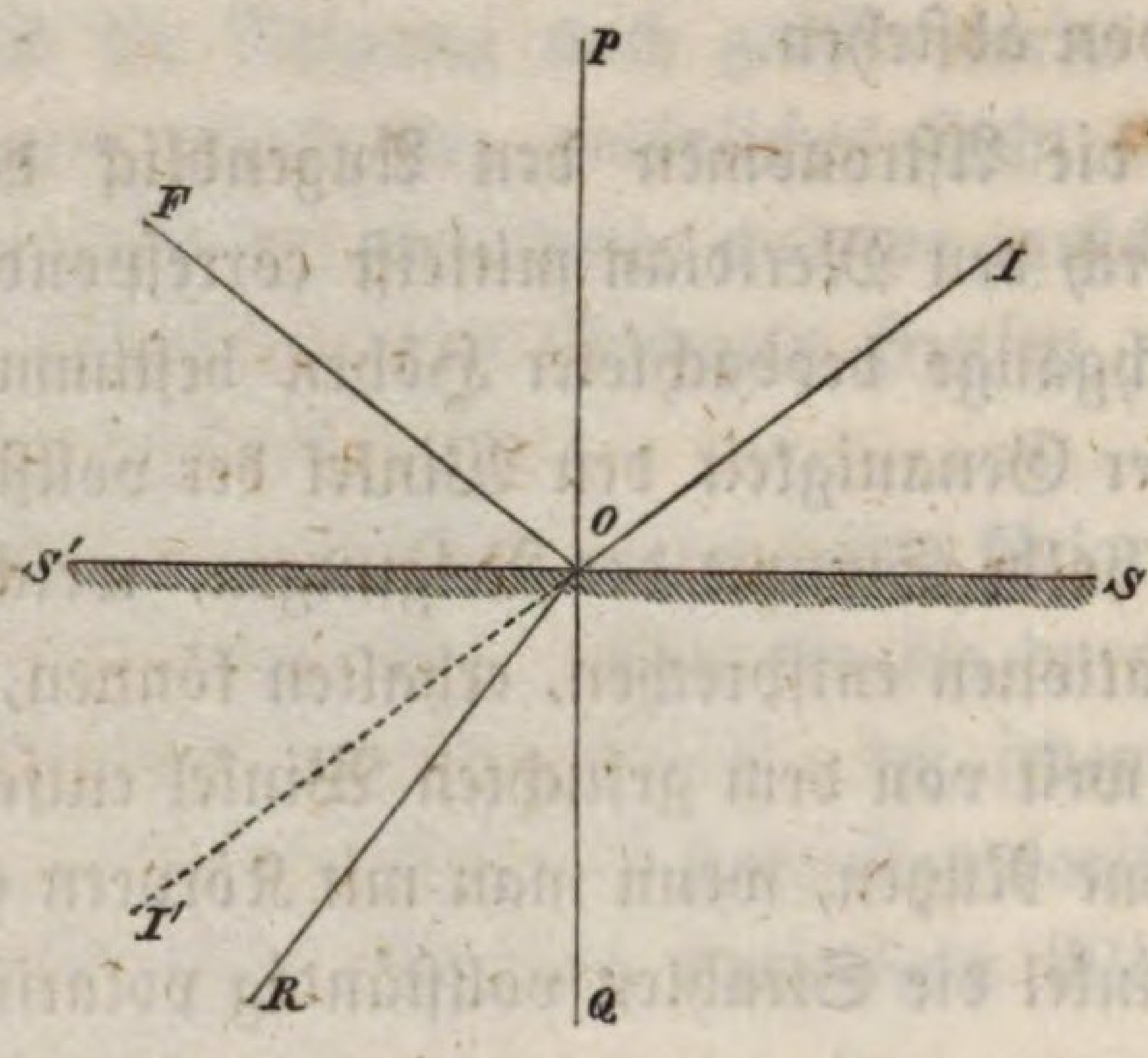


Fig. 6. — Bestimmung des Winkels der vollständigen Polarisation.

darf sie nicht mit dem Brechungsvermögen verwechseln, das eine numerische Function von m und der Dichtigkeit des Körpers ist, die man aus der Emissionstheorie angehörigen Betrachtungen hergeleitet hat.

Wenn nun IO die Richtung ist, welche der einfallende Strahl haben muß, damit der reflectirte Strahl OF vollständig polarisirt erscheint, so wird die trigonometrische Tangente des Einfallswinkels dem Brechungsexponenten gleich sein.

Es folgt hier eine Tabelle, in welcher sich die durch den Versuch gefundenen und die nach dem eben ausgesprochenen Satze berechneten Polarisationswinkel neben einander gestellt finden. Die Abweichungen übersteigen nicht die von derartigen Beobachtungen unzertrennlichen Fehler.

	Winkel der vollständigen Polarisation		
Namen der Körper.	beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
Luft	45° bis 47°	45°	1° 0′
Wasser . . .	52° 45′	53 11′	— 0 26
Flußspath . .	54 50	55 9	— 0 19
Obsidian . .	56 3	56 6	— 0 3
Gyps . . .	56 28	56 45	— 0 17
Bergkrystall . .	57 22	58 58	+ 0 24
Topas . . .	58 40	58 34	+ 0 6
Kalkspath . .	58 23	58 51	— 0 28
Rother Spinell .	60 16	60 25	— 0 9

Namen der Körper.	Winkel der vollständigen Polarisation beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
Zirkon . . .	63° 8′	63° 0′	+ 0° 8′
Spießglanzglas .	64 45	64 30	+ 0 15
Schwefel . .	64 10	63 45	+ 0 25
Diamant . . .	68 2	68 1	+ 0 1
Rothbleierz . .	67 42	68 3	— 0 21

Das zuvor angeführte Princip läßt sich noch auf zwei andere merkwürdige Weisen aussprechen. Ich habe gesagt, daß für alle Winkel die Proportion sin POI : sin QOR = m : 1 gilt, daß man also stets hat sin POI = m sin QOR. Da nun bei dem Winkel der vollständigen Polarisation tg POI = m, und tg POI $= \frac{\sin POI}{\cos POI}$ ist, so erhält man also für den Fall der vollständigen Polarisation

$$\frac{\sin POI}{\cos POI} = m, \text{ und } \sin POI = m \cos POI,$$

welche Gleichung sich mit dem allgemeinen Werthe von sin POI = m sin QOR nur vereinigen läßt, wenn man sin QOR = cos POI setzt, d. h. QOR + POI = 90° annimmt. Wenn also die Polarisation vollständig ist, so ergänzen Einfalls- und Brechungswinkel einander zu 90°, oder mit anderen Worten, die einfallenden oder reflectirten Strahlen haben gegen die Oberfläche des Mittels dieselbe Neigung, wie die gebrochenen Strahlen gegen das Einfallsloth.

Wenn aber der Winkel FOS′, der gleich dem Winkel IOS ist, dem Winkel ROQ gleich wird, so wird S′OR + ROQ = 90° = S′OR + FOS′; es steht folglich FO senkrecht auf OR; bei dem Winkel der vollständigen Polarisation steht also der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle senkrecht.

Ich muß hier einige Einwürfe prüfen, die man gegen die Genauigkeit des zuvor in drei verschiedenen Formen ausgesprochenen Gesetzes erhoben hat.

Wenn dies Gesetz, sagt man, mathematisch streng wäre, so würden die verschiedenfarbigen Strahlen nicht sämmtlich unter demselben Winkel polarisirt werden, weil sie das Mittel in verschiedenen Rich-

tungen durchlaufen. Es würde also scheinen, daß wenn man wie gewöhnlich den Winkel der vollständigen Polarisation sucht, indem man das reflectirte Licht mittelst eines doppeltbrechenden Krystalles analysirt, man in keinem Falle eins der Bilder vollständig verschwinden sehen dürfte; daß z. B. wenn man bei der Neigung angekommen wäre, wo das gesammte rothe Licht des einfallenden weißen Bündels polarisirt wäre und ganz in das regelmäßige Bild überginge, der Beobachter ein aus weißem weniger rothem, d. h. ein aus grünem Lichte bestehendes unregelmäßiges Bild wahrnehmen müßte, und ebenso für alle übrigen Farben. Indeß, setzt man hinzu, nimmt in den meisten Fällen, wenn der Krystall richtig gestellt ist, das eine der Bilder allmälich ab, wenn man sich einer passenden Neigung nähert und verschwindet endlich ganz und gar ohne merkliche Spuren von Färbung dargeboten zu haben.

Zuerst antworte ich hierauf, daß es Körper gibt, auf denen diese Färbung deutlich ist, und die dann, wie das Gesetz der Tangente es verlangt, die verschiedenfarbigen Strahlen nicht unter demselben Winkel polarisiren; ich führe unter Andern an Eisenglanz, auf welchem die Erscheinung sehr auffällig ist; Cassiaöl, dessen großes Zerstreuungsvermögen sie ebenfalls sehr sichtbar macht, u. s. w.

Ich füge ferner hinzu, daß man allen Grund hat zu hoffen, daß genaue Beobachtungen, bei denen man die verschiedenen homogenen Strahlen, welche das Sonnenspectrum bilden, gesondert anwendet; daß scharfe Messungen der Lichtmengen, welche bei wenig von dem Winkel der vollständigen Polarisation verschiedenen Neigungen der Polarisation entgehen, die geringe Abweichung gänzlich verschwinden lassen werden, die man zwischen der Erfahrung und einem mit der Gesammtheit der Vorgänge so nahe übereinstimmenden Gesetze, daß es als völlig streng gelten zu können scheint, zu finden geglaubt hat.

Die oben mitgetheilte Tabelle enthält die Namen mehrerer Mittel, wie Diamant, Schwefel, welche das Licht nicht vollständig polarisiren. Das Gesetz der Tangente, das man daraus hergeleitet hat, scheint also auf solche Mittel anwendbar, vorausgesetzt, daß man dann unter Polarisationswinkel denjenigen versteht, bei welchem der reflectirte Strahl die größte relative Menge polarisirten Lichtes enthält. In diesem Sinne

würde die Beobachtung dieses Winkels bei den Metallen um so wichtiger sein, als man bis jetzt kein Mittel gefunden hat, ihren Brechungsexponenten zu bestimmen.

Diese Winkel der stärksten Polarisation, von der Normale aus gezählt, scheinen zu sein:

für Quecksilber . . $76^1/_2{}^0$
für Stahl . ungefähr 71^0.

Sie würden für die Brechungsexponenten des Quecksilbers und des Stahls respective geben 4,16 und 2,85.

Wir haben bisher nur von der an der ersten Oberfläche der Körper erfolgten Polarisation geredet; die zweiten Flächen besitzen ganz analoge Eigenschaften.

Der von der Normale aus gezählte Winkel, unter welchem das Licht polarisirt wird, wenn es aus dem leeren Raume in ein Mittel übergeht, ist größer als derjenige, unter welchem man dieselbe Erscheinung beobachtet, wenn der aus dem Mittel kommende Strahl in den leeren Raum übergehen will. Alle Versuche zeigen, daß der Sinus des ersten dieser Winkel sich zum Sinus des zweiten verhält, wie der Brechungsexponent zur Einheit. Auf andere Weise ließe sich eben dieselbe Thatsache aussprechen, wenn man sagte, daß auf der zweiten Oberfläche der Körper ebenso wie auf der ersten, der durch Reflexion vollständig polarisirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle senkrecht steht.

Aus diesem Gesetze folgt ferner, daß wenn ein Mittel von parallelen Flächen begrenzt ist, und ein Strahlenbündel unter dem Winkel der vollständigen Polarisation auf seine erste Fläche auffällt, der eingedrungene Theil dieses Bündels die zweite Fläche unter demjenigen Winkel trifft, wo er ebenfalls eine vollständige Polarisation erleidet.

Es seien MN, TS (Fig. 7) die parallelen Flächen, OR der einfallende, OV der gebrochene Strahl und n der Brechungsexponent. Der Brechungswinkel VOp wird stets dem Winkel OVZ zwischen dem gebrochenen Strahle OV und dem Einfallslothe VZ auf der zweiten Fläche gleich sein. Nach dem angeführten Gesetze hat man aber, wenn POR den Winkel der vollständigen Polarisation auf der ersten Fläche darstellt:

sin POR: Sinus des Polarisationswinkels an der zweiten Fläche = n: 1, woraus folgt

sin POR = n $\times$ Sinus des Polarisationswinkels an der zweiten Fläche.

Nach dem Sinusgesetz hat man dann, wie immer

$$\sin POR : \sin VOp = n : 1$$

folglich $$\sin POR = n \sin VOp = n \sin ZVO.$$

Diese Gleichung mit der vorhergehenden verbunden, gibt

den Winkel der vollständigen Polarisation an der zweiten Fläche = ZVO.

Es folgt daraus, daß wenn der einfallende Strahl vorläufig polarisirt und so gerichtet ist, daß er beim Eintritt in die erste Fläche eines von parallelen Flächen begrenzten Spiegels der partiellen Reflexion entgeht, er ebenso auch beim Durchgange durch die Austrittsfläche jeder Reflexion entgehen wird.

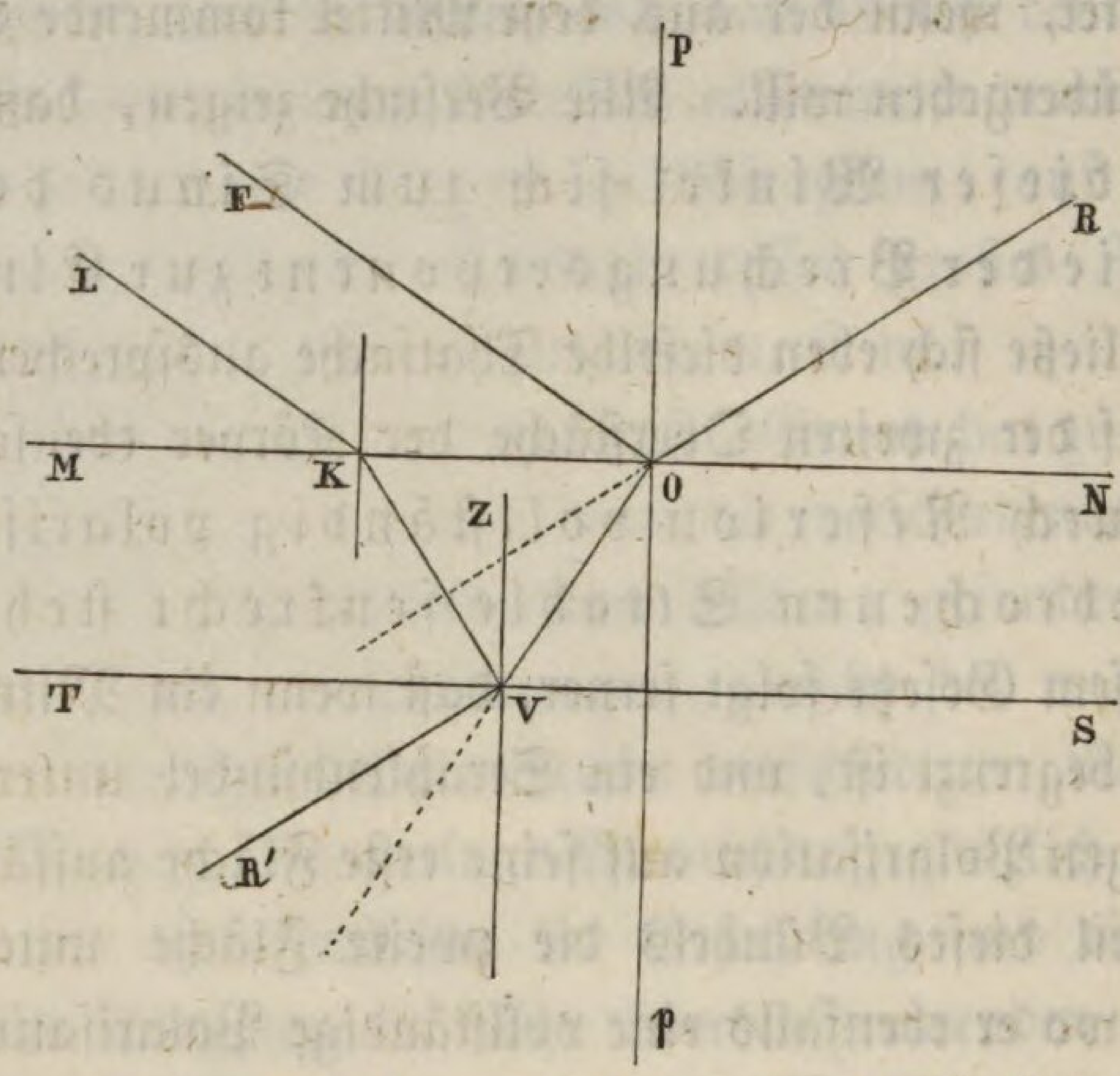


Fig. 7. — Vollständige Polarisation an der Oberfläche eines Mittels mit parallelen Flächen.

Wenn ROP einen passenden Werth hat, so ist OF vollständig polarisirt. VK ist es gleichfalls; die nachfolgende Brechung KL in K wird Nichts daran ändern. Wenn man sich polarisirtes Licht durch Reflexion von einem Spiegel verschaffen will, so kann man also das

Schwärzen der zweiten Fläche unterlassen, sobald dieselbe der ersten Fläche parallel ist: man wird eine ebenso vollständige Polarisation erhalten und dabei eine größere Intensität des reflectirten Bündels gewinnen; nur muß man hinter dem Spiegel einen schwarzen Körper z. B. Sammet anbringen, um die Strahlen der unterhalb befindlichen Gegenstände abzuhalten, ins Auge zu gelangen.

Die Regel, aus der ich so eben diese Folgerung gezogen habe, ist übrigens nur ein besonderer Fall eines allgemeineren Gesetzes, das man so aussprechen kann:

Der Sinus des Winkels, unter welchem ein Lichtbündel an der ersten Fläche eines Körpers reflectirt werden muß, um eine gewisse relative Menge polarisirten Lichtes zu enthalten, verhält sich zum Sinus des Winkels, unter welchem die Reflexion auf der zweiten Fläche allein demselben Bündel eine äquivalente Polarisation ertheilen würde, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels.

Durch den Versuch hat man gefunden, daß der Sinus des Winkels, unter welchem eine gewisse relative Menge eines natürlichen Lichtbündels an der ersten Fläche eines Körpers reflectirt wird, sich zu dem Sinus des Winkels, unter welchem eine gleiche relative Menge dieses Bündels an der zweiten Fläche reflectirt werden würde, wenn es unmittelbar auf dieselbe fiele, verhält, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels. Die Combination dieser photometrischen Regel mit der vorstehenden führt zu folgendem sehr einfachen Satze:

Die erste und die zweite Fläche eines Körpers polarisiren das Licht gleich stark unter den Winkeln, unter welchen eben diese Flächen dasselbe gleich stark reflectiren.

Ich habe zuvor gezeigt, wie das Licht, sowohl beim Uebergange aus dem leeren Raume in eine gegebene Substanz, als auch aus letzterer in den leeren Raum polarisirt wird. Es bleibt jetzt noch übrig,

die Gesetze der Polarisation, welche an der Trennungsfläche zweier mit ungleichen brechenden Kräften begabter Mittel erfolgt, anzugeben.

Es seien m und m′ die Brechungsexponenten dieser beiden Mittel, und m größer als m′. Der Versuch zeigt, daß die Tangente des Winkels, unter welchem das Licht an der Trennungsfläche dieser beiden Körper vollständig polarisirt wird, gleich $\frac{m}{m'}$ ist.

Daraus folgt mittelst ähnlicher Schlußfolgerungen, wie die bereits angewandten: 1) daß hier ebenso wie in dem Falle, wo der Körper und der leere Raum an einander grenzen, die Summe des Einfalls- und des Brechungswinkels gleich 90° ist; und 2) daß wenn die Polarisation vollständig oder auf dem Maximum ist, der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle senkrecht steht.

Siebentes Kapitel.

Von der Brechung als Mittel das Licht zu polarisiren.

Man hat einige Zeit geglaubt, daß die Lichtstrahlen sich beim Zusammentreffen mit durchsichtigen Körpern nur in dem Acte der Reflexion polarisiren, und das gebrochene Bündel stets die Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes bewahre; dies war aber ein Irrthum. Allerdings genügt der bloße Durchgang durch eine oder selbst zwei Flächen aller bekannten Körper nicht, um ein Lichtbündel vollständig zu polarisiren; doch entsteht dadurch, unter gewissen Einfallswinkeln wenigstens, eine partielle Polarisation; denn bei der Untersuchung der in schiefer Richtung durch ein Glas mit parallelen Flächen hindurchgegangenen Strahlen mittelst eines doppeltbrechenden Krystalles findet man, daß die beiden Bilder in ihren Intensitäten merklich von einander verschieden sind.

Es sei A′ der polarisirte Theil des durchgelassenen Bündels, und B′ der Theil desselben Bündels, der diese Modification nicht erlitten hat; ferner seien A und B die entsprechenden Theile des unter derselben Incidenz reflectirten Bündels.

Ich habe bereits gesagt, daß A gerade so polarisirt ist, als ob es der aus einem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, austretende regelmäßige Strahl wäre; dagegen liegen die Pole von A′ gerade wie die des unregelmäßigen Strahles desselben Krystalles. Wenn man mit einem Kalkspathrhomboeder das von einer Glasplatte reflectirte Licht untersucht, so findet man z. B., daß in einer gewissen Lage des Hauptschnittes das rechte Bild das hellere ist; bleiben die relativen Stellungen des Krystalles, der Platte und des Auges unverändert, so wird umgekehrt, wenn man das durchgelassene Licht untersucht, das entgegengesetzte, also das linke Bild die größere Helligkeit besitzen. Alle diese Resultate sind in folgendem Satze enthalten:

Die Ebene, welche die Pole des gebrochenen Lichtes enthält, steht auf der Ebene, in welcher die Pole des reflectirten Lichtes liegen, senkrecht. Diese beiden Lichtarten sind also unter rechten Winkeln polarisirt.

Wenn man das reflectirte Licht $A + B$ der Wirkung eines Kalkspaths unterwirft, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, so sind die Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Strahles respective

$$A + \tfrac{1}{2}B \text{ und } \tfrac{1}{2}B.$$

In derselben Stellung des Spiegels und des Krystalls werden die Intensitäten der von dem durchgelassenen Lichte gelieferten Bilder

$$\tfrac{1}{2}B' \text{ und } A' + \tfrac{1}{2}B'.$$

A ist also die Größe, um welche das von dem reflectirten Strahle gelieferte regelmäßige Bild das unregelmäßige übertrifft; während A′ dagegen bei der Untersuchung des durchgelassenen Bündels die Größe ausdrückt, um welche das regelmäßige Bild von dem unregelmäßigen übertroffen wird.

Ich will jetzt einen Versuch berichten, der zu einem merkwürdigen Resultate führt, nämlich: daß unter allen Neigungen $A = A'$ ist, oder mit andern Worten, daß die Intensitäten der beiden vom Kalkspathe gelieferten Bilder um dieselbe Größe verschieden sind, mag man das reflectirte oder das durchgelassene Bündel betrachten.

Gesetzt eine Glasplatte LD sei in der Fig. 8 gezeichneten Lage vor einem Mittel AB von gleichförmiger Helligkeit, z. B. vor einem

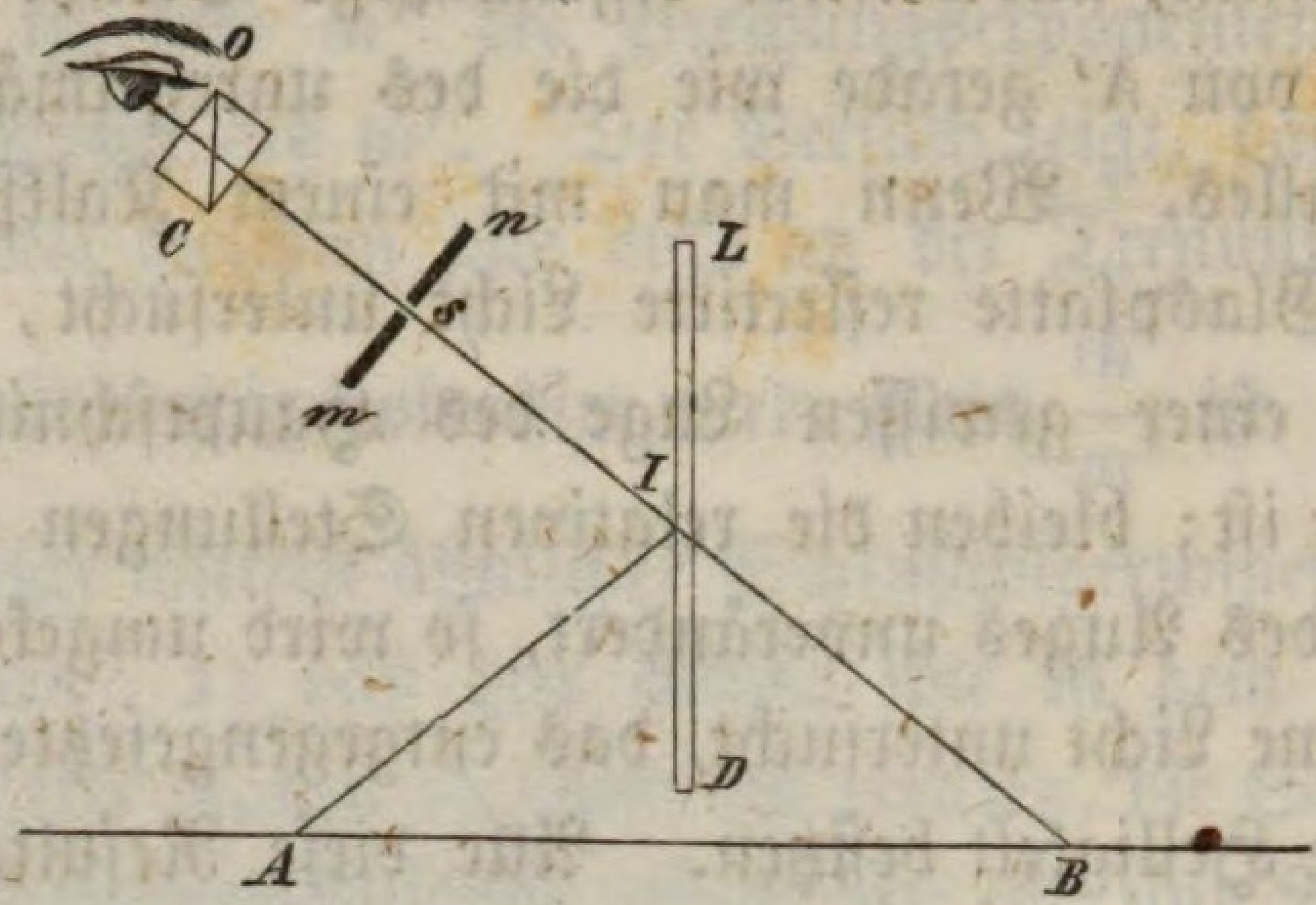


Fig. 8. — Vergleichung des reflectirten und durchgelassenen Lichtes.

Blatte weißen Papiers aufgestellt; das in O befindliche Auge wird gleichzeitig den in I reflectirten Strahl AIO und den an demselben Punkte durchgelassenen Strahl BIO erhalten. Man bringe in mn einen undurchsichtigen und geschwärzten Schirm, der von einem kleinen Loche durchbohrt ist, an; und stelle endlich vor das Auge O den doppeltbrechenden Krystall C, der zwei Bilder der Oeffnung S geben wird.

Wenn man mit einem kleinen zwischen B und I angebrachten Schirme den Strahl BI, welcher durch das Glas gegangen sein würde, aufhält, so gibt der passend aufgestellte Krystall C:

ein regelmäßiges Bild . . . . . . $A + \frac{1}{2}B$
ein unregelmäßiges Bild . . . . . . $\frac{1}{2}B$.

Wenn ein zwischen A und I eingeschalteter Schirm den Strahl AI gehindert hätte, den Spiegel zu erreichen, so würde man zwei Bilder der Oeffnung erhalten, deren Intensitäten wären:

regelmäßiges Bild . . . . $\frac{1}{2}B'$
unregelmäßiges Bild . . . . $A' + \frac{1}{2}B$.

Beseitigt man jeden Schirm und läßt gleichzeitig den reflectirten Strahl AIO und den durchgelassenen Strahl BIO ins Auge gelangen, so erhält man folglich die Intensitäten des

regelmäßigen Bildes . . . . $A + \frac{1}{2}B + \frac{1}{2}B'$
unregelmäßigen Bildes . . . . $\frac{1}{2}B + A' + \frac{1}{2}B'$.

Der Versuch zeigt dann, daß diese beiden Bilder vollständig gleich sind, welches auch der von dem Strahle AI mit der Glasplatte gebildete Winkel sein möge, was offenbar nur stattfinden kann, sobald stets A = A′ ist. Daher ist

die Menge polarisirten Lichtes, welche in dem von einer durchsichtigen Ebene durchgelassenen Bündel enthalten ist, genau der unter rechten Winkeln polarisirten Lichtmenge gleich, die sich in dem von derselben Ebene reflectirten Bündel findet.

Daraus ergibt sich, daß unter dem Winkel, wo die Reflexion das Licht vollständig polarisirt, die beiden Bilder des durchgelassenen Bündels, welche ein passend gestellter Krystall liefert, in ihrer Intensität um eine dem gesammten reflectirten Bündel gleiche Größe verschieden sind, und daß also, wenn man jemals einen Körper entdeckte, der unter diesem Winkel gerade die Hälfte des einfallenden Lichtes reflectirte, das unter derselben Neigung durchgelassene Bündel ebenfalls vollständig polarisirt sein würde.

Der Einfachheit wegen habe ich im Vorstehenden angenommen, daß in LD nur eine einzige Glasfläche existire. Ich würde mich indeß zu weit von meinem Gegenstande entfernen, wenn ich hier zeigen wollte, in welcher Weise man diesen abstracten Fall verwirklichen könnte; daher beschränke ich mich auf den Ausspruch, daß die berichteten Versuche in gleicher Weise gelingen, wenn man in LD einen Glasspiegel mit parallelen Flächen aufstellt; was die Folgerung nach sich zieht, daß die zweite Fläche ebenfalls gleiche Lichtmengen durch Reflexion und durch Brechung polarisirt. Um alle Zweifel über die Genauigkeit dieser Resultate zu beseitigen, will ich endlich hinzufügen, daß wenn man gleichzeitig auf zwei an einander stoßende Stellen eines Glasspiegels (mit einer oder mit zwei reflectirenden Flächen) natürliches Licht und solches Licht fallen läßt, das durch ein Kalkspathrhomboeder hindurchgegangen ist und daher aus zwei unter rechten Winkeln polarisirten gleich intensiven Bündeln besteht, in beiden Fällen das reflectirte Licht dieselbe Menge polarisirter Strahlen erhalten wird. Nun übt aber der reflectirende Spiegel keine besondere Wirkung auf die beiden Bündel aus, woraus das aus dem Rhomboeder kommende Licht besteht;

er siebt sie nur ungleich. Wenn das reflectirte Bündel einen Ueberschuß an Strahlen enthält, die in einer Richtung polarisirt sind, so wird sich ein genau gleicher Ueberschuß von unter rechten Winkeln polarisirten Strahlen in dem durchgelassenen Bündel finden. In diesem Falle ist der ausgesprochene Satz eine nothwendige Wahrheit. Zur Berechtigung, denselben auf das natürliche Licht auszudehnen, genügt es, sich versichert zu haben, wie dies von mir geschehen ist, daß letzteres sich in dem Acte der Reflexion und der Brechung gerade so verhält, wie die Vereinigung zweier rechtwinklig polarisirter gleich intensiver Strahlen.

Eins der besten Mittel zur Prüfung der Richtigkeit physikalischer Gesetze besteht darin, aufzusuchen, was aus ihnen in extremen Fällen wird. Das vorstehende Gesetz führt, seine allgemeine Geltung vorausgesetzt, z. B. zu der Folgerung, daß, wo keine Durchlassung des Lichtes stattfindet, auch keine Polarisation eintreten könne. In der That, man lasse ein Lichtbündel unter dem Winkel der totalen Reflexion auf die innere Fläche eines Prismas fallen, und man wird in dem reflectirten Bündel keine Spur von Polarisation finden, obgleich unter wenig von ihm entfernten Incidenzen eine merkliche Menge des Lichtes und selbst alles polarisirt war.

Es stelle A den Theil des Lichtes I dar, welcher unter dem Winkel von 35° auf den beiden Flächen eines parallelen Glasspiegels durch Reflexion polarisirt wird. Das durchgelassene Bündel ist dann I — A; und in dieser Lichtmenge finden sich, dem oben ausgesprochenen Gesetze gemäß, A Strahlen, deren Polarisationsebene senkrecht auf der der reflectirten Strahlen steht. Die Menge I — A läßt sich also in I — 2A natürliches Licht und in A durch Brechung polarisirte Strahlen zerlegen. Wir setzen I — 2A = I′. Wenn das Bündel I′ + A auf einen zweiten mit dem ersten parallelen Spiegel ebenfalls unter dem Winkel von 35° auffällt, so entgeht A vollständig der partiellen Reflexion und findet sich, von der Absorption abgesehen, ganz und gar in dem von diesem zweiten Spiegel durchgelassenen Bündel; I′ wird gesiebt, wie es zuvor mit I geschah; ein Theil A′ von I′ wird durch Reflexion polarisirt; der durchgelassene Rest I′ — A′ enthält eine Menge A′ durch Brechung polarisirter Strahlen, so daß man im Ganzen beim Austritte aus dem zweiten Spiegel I′ — 2A′ natürliches

Licht und A + A′ durch Brechung polarisirte Strahlen erhält. Setzen wir I′ — 2A′ = I″, so wird jenes Licht I″ + A + A′ bei seinem Durchgange durch einen dritten mit dem vorhergehenden parallelen Spiegel eine neue Menge A″ durch Brechung polarisirten Lichtes liefern, die sich zu A + A′ hinzufügt, u. s. f.

Da die Lichtbündel I, I′, I″ u. s. w. aus natürlichem Lichte bestehen, so werden sie beim Zusammentreffen mit dem ersten, zweiten, dritten u. s. w. Spiegel in gleichen Verhältnissen polarisirt. Die Brüche $\frac{A}{I}$, $\frac{A'}{I'}$, $\frac{A''}{I''}$ u. s. w. haben also gleiche Werthe. Wenn z. B. $^1/_6$ des Lichtbündels I beim Auffallen auf den ersten Spiegel durch Reflexion polarisirt wird, so wird $^1/_6$ von I′ auf dem zweiten, $^1/_6$ von I″ auf dem dritten Spiegel u. s. f. polarisirt, und die von diesen Spiegeln durchgelassenen Bündel müssen respective an natürlichem Lichte oder an Licht, das dieselben Eigenschaften besitzt, enthalten $^4/_6$ I, $^4/_6$ I′, $^4/_6$ I″ u. s. w. Wie groß also auch die Zahl der aufeinander gelegten Platten sein möge, das durchgelassene Bündel wird streng genommen schließlich eine gewisse Menge natürlichen Lichtes enthalten; aber diese Menge wird rasch abnehmen und endlich ganz und gar unmerklich sein.

In diesem Sinne kann man sagen, daß eine Säule aus parallelen Glasplatten das durch sie hindurchgehende Licht senkrecht auf die Ebene polarisirt, in welcher die Strahlen durch Reflexion auf denselben Platten polarisirt werden.

Im Vorhergehenden habe ich angenommen, daß das einfallende Licht die Glasplatte unter dem Winkel treffe, wo es vollständig durch Reflexion polarisirt wird; man erhält aber dasselbe Resultat, welches auch die Neigung sein möge; nur muß man die Säule aus einer um so größern Anzahl Platten zusammensetzen, je mehr die Richtung, in welcher die Strahlen hindurchgehen, sich der Normalen auf ihren Flächen nähert.

Für eine bestimmte Neigung hängt die Anzahl der Platten, welche nothwendig sind, um durch Brechung eine fast vollständige Polarisation eines gegebenen Lichtes zu erzeugen, auch von ihrer reflectirenden Kraft ab; so habe ich z. B. bereits bemerkt, daß eine Platte, die unter

dem Polarisationswinkel die Hälfte des einfallenden Lichtes polarisirte, für sich allein die Wirkung einer Säule ausüben würde. Gewisse Körper in der Natur, z. B. der Achat, modificiren das durch sie hindurchgehende Licht gerade so, wie es eine Säule aus Platten thun würde.

Wenn man eine hinreichend dicke Achatplatte senkrecht gegen die Schichten, woraus sie besteht, schneidet, so wird das Licht bei seinem Durchgange durch dieselbe im Sinne dieser Blättchen polarisirt. Eine ähnliche Eigenschaft findet sich auch im Turmaline, und sie ist hier um so auffallender, als man in diesem Minerale, wenn es rein ist, keine Spuren von über einander liegenden Schichten wahrnimmt. Wenn man die beiden gegenüberliegenden Seiten einer Turmalinnadel in der Weise polirt, daß daraus ein Blättchen mit parallelen Flächen von ungefähr 1^{mm} Dicke entsteht, so wird das durch diese Flächen hindurchgegangene Licht, welches auch seine Incidenz sein möge, in einer auf die Axe der Nadel senkrechten Ebene polarisirt sein.

Bevor ich dieses Kapitel schließe, muß ich noch die Phänomene kennen lehren, welche die Säulen darbieten, wenn man sie vorläufig polarisirten Strahlen aussetzt. Ich werde annehmen, die Säule sei aus parallelen Glasplatten gebildet, und es betrage ferner, um die Erscheinung deutlich hervortreten zu lassen, der Einfallswinkel auf der ersten Platte, von ihrer Fläche aus gerechnet, ungefähr 35°.

Wenn die ursprüngliche Polarisationsebene des einfallenden Strahles mit der Ebene zusammenfällt, welche durch diesen Strahl und das im Einfallspunkte auf der ersten Fläche errichtete Perpendikel gelegt ist, so wird ein viel beträchtlicherer Theil dieses Strahles reflectirt werden, als wenn man natürliches Licht anwendet; beim Auffallen auf die zweite Platte wird das durch die erste hindurchgegangene Lichtbündel in demselben Verhältnisse reflectirt wie auf der ersten; dieselbe Wirkung tritt auf der dritten Platte ein, u. s. f. Wie intensiv auch der durchgelassene Strahl ursprünglich sein möge, so wird er doch auf diese Weise in geometrischer Progression geschwächt, und hört endlich auf sichtbar zu sein; die von der entgegengesetzten Seite, als das Licht herkommt, betrachtete Säule erscheint als ein dunkler Körper; kein Strahl geht durch sie hindurch.

Lassen wir, während sonst Alles in demselben Zustande bleibt,

die Säule eine Vierteldrehung um den Strahl machen, so wird die neue Reflexionsebene auf der frühern senkrecht stehen und die erste Platte die früher erwähnte Lage erreicht haben, in welcher jede reflectirende Kraft vollständig vernichtet ist; das gesammte Licht wird durch dieselbe hindurchgehen. Nun befinden sich aber die zweite, dritte, vierte u. s. w. Platte, weil sie der ersten parallel sind, sämmtlich unter denselben Umständen, besitzen dieselben Eigenschaften, und reflectiren die Strahlen nicht mehr. Abgesehen von der Absorption, läßt also der Apparat jetzt das einfallende Licht ungeschwächt hindurch. Die Säule aus Platten besitzt folglich in Bezug auf das polarisirte Licht die merkwürdige Eigenschaft, je nachdem sie dem Lichte von der einen oder andern Seite entgegentritt, entweder vollständig undurchsichtig oder ganz durchsichtig zu sein, obgleich in beiden Versuchen der Einfallswinkel auf der ersten Platte beständig 35° beträgt. In den intermediären Lagen wächst die durchgelassene Lichtmenge allmälich von der Lage aus, wo Nichts hindurchgeht bis zu derjenigen, wo die ganze Schwächung dieses Lichtes nur von der Absorption herrührt.

Die Turmaline und Achate, welche wahre Säulen zu sein scheinen, müssen analoge Erscheinungen hervorbringen; und in der That läßt z. B. ein mit der Axe einer Turmalinnadel parallel geschnittenes Blättchen die Strahlen hindurch, welche in einer auf dieser Axe senkrechten Richtung polarisirt sind, und hält dagegen sämmtliche Strahlen auf, deren ursprüngliche Polarisationsebene dieser Axe parallel ist. Wenn man ein solches Blättchen zwischen das Auge und einen im Freien befindlichen reflectirenden Spiegel von Wasser, Glas, u. s. w. bringt, und den Spiegel unter dem Winkel der vollständigen Polarisation betrachtet, so erscheint er sehr hell, oder ganz dunkel, oder in den intermediären Stellungen der Lage des Blättchens in seiner eigenen Ebene entsprechend. Zu dem Eigenthümlichen dieses Versuchs tritt hier noch der Umstand hinzu, daß derselbe vollkommen gelingt, wenn auch die Incidenz auf der Platte senkrecht ist, während bei Anwendung einer eigentlichen Säule, wenigstens wenn dieselbe nicht aus einer ungeheuer großen Zahl von Elementen bestand, nöthig war, daß der von der Normale gezählte Einfallswinkel einen sehr merklichen Werth hatte.

Wie es sich auch mit der Erklärung, welche man von diesen Erscheinungen zu geben versucht, verhalten möge, so folgt aus dem Vorstehenden mit Entschiedenheit, daß zwei dergestalt auf einander gelegte Turmalinblättchen, daß ihre Axen sich unter rechten Winkeln kreuzen, ein in Bezug auf jede Art von Licht völlig undurchdringliches System bilden. Man sieht z. B., daß wenn dieses Licht natürliches Licht ist, die erste Platte den Theil, welchen sie hindurchläßt, senkrecht gegen die Axe polarisirt, und daß dann die zweite in einer rechtwinkligen Stellung befindliche denselben ganz und gar aufhalten muß.

Achtes Kapitel.

Von der Depolarisation des Lichtes.

Nachdem wir untersucht haben, wie das gewöhnliche Licht sich in polarisirtes Licht umwandelt, müssen wir die Modificationen studiren, die letzteres seinerseits annehmen kann, wenn man es Reflexionen oder Brechungen auf Platten von verschiedener Beschaffenheit und verschiedener Stellung gegen seine Pole unterwirft.

Wenn ein polarisirtes Lichtbündel auf die erste Fläche eines gut polirten Spiegels in der Weise auffällt, daß seine Polarisationsebene mit der Reflexionsebene zusammenfällt oder auf ihr senkrecht steht, so ist das regelmäßig von dieser Fläche reflectirte Licht ebenso wie das einfallende, vollständig parallel oder senkrecht zur Reflexionsebene polarisirt, welches auch die Beschaffenheit des Spiegels sein möge.

Sobald aber die ursprüngliche Polarisationsebene des einfallenden Strahles nicht mit der Reflexionsebene zusammenfällt, oder auf ihr nicht senkrecht steht, wird man finden, daß das reflectirte Bündel modificirt worden ist, und daß diese Modification von der Natur des Spiegels abhängt.

Wendet man bei diesen Versuchen einen durchsichtigen oder undurchsichtigen Spiegel an, der die Fähigkeit besitzt, das natürliche Licht vollständig zu polarisiren, so werden die vorläufig polarisirten Strahlen, welche auf die Oberfläche fallen, nach ihrer Reflexion noch voll-

ständig polarisirt sein, jedoch nicht mehr in der Ebene ihrer ursprünglichen Polarisation. Diese durch die Reflexion auf der ersten Fläche eines durchsichtigen Spiegels hervorgebrachte Ablenkung der Polarisationsebene eines Lichtbündels hängt gleichzeitig von dem Einfallswinkel und von der Lage der Reflexionsebene gegen die Pole des Strahles ab.

Für einen gegebenen Einfallswinkel ist die Ablenkung um so beträchtlicher, je näher der Winkel, den die Reflexionsebene mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht, an 45° liegt.

Um von einem bestimmten Falle auszugehen, wollen wir zunächst annehmen, daß der reflectirende Spiegel eine horizontale Lage habe, daß das Auge des Beobachters und das Kalkspathrhomboeder, welches das polarisirte Bündel liefern soll, beständig das eine nördlich und das andere südlich vom Spiegel bleiben, wodurch die Reflexionsebene stets mit dem Meridiane zusammenfällt; und daß endlich der Hauptschnitt des Krystalles, in dessen Ebene die Pole des regelmäßigen Bündels enthalten sind, mit dem Meridiane einen Winkel von 45° mache.

Wenn dies regelmäßige Bündel senkrecht auf den Spiegel fällt, so wird es reflectirt, ohne daß seine Polarisationsebene eine Abweichung erleidet. Diese Ebene bildete der Annahme nach anfangs einen Winkel von 45° mit dem Meridiane, und diese Neigung der beiden Ebenen besteht auch nach der Reflexion fort.

Wenn man sich allmälich von der senkrechten Incidenz entfernt, so wird man zunächst bemerken, daß die Polarisationsebene der reflectirten Strahlen sich nach und nach der Reflexionsebene nähert und mit ihr genau zusammenfällt, wenn man den Winkel der vollständigen Polarisation erreicht hat; daß darauf der reflectirte Strahl in einer Ebene polarisirt ist, die sich um so mehr von der Reflexionsebene entfernt, je kleiner der Winkel ist, den er mit der Oberfläche des Spiegels macht; und daß endlich, wenn der Strahl beinahe dieser Oberfläche parallel ist, seine Polarisationsebene mit der des einfallenden Lichtes zusammenfällt, wie wenn er den Spiegel senkrecht getroffen hätte.

Es sei i der Einfallswinkel, von der Normale aus gezählt, i′ der entsprechende Brechungswinkel für die Substanz, woraus der reflecti-

rende Spiegel besteht. Die Tangente des Winkels, den die Polarisationsebene des reflectirten Lichtes mit der Reflexionsebene macht, wird durch die Formel

$$\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}$$

ausgedrückt.

Wir wollen diese Formel zunächst in speciellen Fällen verificiren.

Wenn $i = 0$, so ist auch $i' = 0$, und $\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')} = 1$; der Winkel aber, dessen Tangente $= 1$ ist, beträgt 45^0; bei senkrechtem Einfall muß also, wenn die Formel richtig ist, die Polarisationsebene des reflectirten Strahles mit der ursprünglichen Polarisationsebene des angewandten Lichtes zusammenfallen; was mit den Beobachtungen übereinstimmt.

$\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$ wird wieder der [negativen] Einheit gleich und entspricht also einem Winkel von 45^0, wenn $i = 90^0$, d. h. wenn die Strahlen der Oberfläche des Spiegels parallel sind, weil dann $\cos(i + i') = -\sin i'$, $\cos(i - i') = + \sin i'$. Hieraus läßt sich folgern, daß das Licht die ursprüngliche Polarisationsrichtung wieder annimmt, wie uns der Versuch gelehrt hatte.

Wenn $i + i' = 90^0$, und also nach dem oben S. 263 angeführten Gesetze i der Winkel der vollständigen Polarisation ist, so hat man $\cos(i + i') = 0$, und folglich $\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$ ebenfalls gleich Null. Die Polarisationsebene des reflectirten Strahles fällt also mit der Reflexionsebene zusammen; der Versuch hatte schon zu eben diesem Resultate geführt.

Die folgende Tabelle endlich wird darthun, daß auch bei den intermediären Incidenzen die Uebereinstimmung zwischen der Rechnung und der Beobachtung so genügend ist, als zu hoffen erlaubt war.

Von der Normale aus gerechnete Einfallswinkel.	Ablenkung der Polarisationsebene beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
	Auf Glas.		
24°	38° 55′	37° 54′	+ 1° 1′
39	24 35	24 38	— 0 3
49	11 45	10 52	+ 0 53
56½	0 0	0 0	0 0
60	5 15	5 29	— 0 14
70	19 52	20 24	— 0 32
80	32 45	33 25	— 0 40
85	38 55	39 19	— 0 24
87	40 55	41 36	— 0 41
88	41 15	42 44	— 1 29
89	44 35	43 52	+ 0 43
	Auf Wasser.		
53°	0° 0′	0° 0′	0° 0′
60	10 20	10 51	— 0 31
70	25 20	24 48	— 0 32
80	36 20	35 49	+ 0 31
85	40 50	40 32	+ 0 18

Die Formel, deren Werthe wir so eben mit den von dem Versuche gelieferten Resultaten verglichen haben, setzt voraus, daß die ursprüngliche Polarisationsebene des angewandten Lichtes einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene macht; es genügt aber ein geringer Zusatz, um sie auf alle Fälle anwendbar zu machen. Es sei a der Winkel, der so eben den speciellen Werth von 45° hatte, d. h. der Winkel zwischen der Reflexionsebene und dem Hauptschnitte des Krystalls, während i und i′ die frühern Bezeichnungen behalten: so ist der allgemeine Ausdruck für die Tangente der Ablenkung, welche die Polarisationsebene des einfallenden Bündels durch die Reflexion auf einem Spiegel erleidet

$$\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')} \operatorname{tg} a.$$

In den Hauptfällen stellt diese Formel, wie leicht zu sehen ist, die Thatsachen getreu dar; es bleibt jedoch nichtsdestoweniger ein

experimenteller Beweis, der eine große Zahl Werthe von a und i umfaßt, zu wünschen.

Wenn die Reflexion auf der zweiten Fläche der durchsichtigen Spiegel geschieht, so befolgen die Ablenkungen der Polarisationsebenen von der senkrechten Incidenz bis zu derjenigen, wo die totale Reflexion beginnt, denselben Gang. Jenseits der letzten Neigung nimmt aber die Erscheinung einen ganz andern Character an: es gibt dann nicht mehr eine bloße Aenderung in der Richtung der ursprünglichen Pole des Strahls; es erfährt derselbe, wofern nicht die Ebene, welche diese Pole enthält, zur Reflexionsebene parallel oder senkrecht steht, eine wirkliche Depolarisation, so daß ein Rhomboeder, durch welches man den Strahl hindurchgehen läßt, stets zwei Bilder gibt, welche Stellung es auch haben möge. Ebenso verhält es sich, wenn der reflectirende Spiegel aus Metall besteht. Wir werden bald von den eigenthümlichen und sehr merkwürdigen Modificationen reden, welche das Licht in diesen beiden speciellen Fällen annimmt.

Neuntes Kapitel.

Von den Interferenzphänomenen, insofern sie durch eine vorläufige Polarisation des Lichtes modificirt werden.

Seit langer Zeit weiß man, daß wenn man in einem dünnen Metallblättchen zwei sehr feine Oeffnungen in geringen Entfernungen von einander anbringt, und dieselben mittelst des von einem einzigen strahlenden Punkte ausgehenden Lichtes beleuchtet, sich hinter dem Blättchen farbige Streifen bilden, von der Wirkung herrührend, welche die durch die rechte Spalte zerstreuten Strahlen auf die durch die linke Spalte zerstreuten Strahlen an denjenigen Stellen, wo sich die beiden Bündel mischen, ausüben.

Eine umständliche Untersuchung hat zu folgenden sehr einfachen Gesetzen geführt:

Zwei Strahlen homogenen Lichtes, welche von einer und derselben Quelle ausgehen und auf zwei verschiedenen sehr wenig ungleichen Wegen zu einem gewissen Punkte im Raume gelangen, ver-

stärken oder zerstören sich und bilden auf dem sie auffangenden Schirme je nach dem Unterschiede ihrer Wege, eine helle oder dunkle Stelle.

Zwei Strahlen verstärken sich stets da, wo sie gleiche Wege zurückgelegt haben; findet man, daß sie sich von Neuem verstärken, wenn die Differenz der beiden Wege gleich einer gewissen Größe d ist, so werden sie sich wiederum für alle in der Reihe 2d, 3d, 4d u. s. w. enthaltenen Differenzen verstärken. Die Zwischenwerthe $0 + \frac{1}{2}d$, $d + \frac{1}{2}d$, $2d + \frac{1}{2}d$ u. s. w. zeigen diejenigen Fälle an, wo die Strahlen sich gegenseitig aufheben; die Größe von d variirt mit der Art der Strahlen und mit der Beschaffenheit der von ihnen durchlaufenen Mittel.

Wenn zwei Strahlen sich aufheben, nachdem sie beide z. B. in der Atmosphäre um die Größe d′ verschiedene Wege zurückgelegt haben, so heben sie sich ebenfalls noch auf, nachdem man sie senkrecht oder unter derselben Schiefe durch zwei Platten von derselben Substanz und derselben Dicke hat gehen lassen.

Ein Unterschied in der Dicke oder der brechenden Kraft der beiden eingeschalteten Platten kann die Wirkung einer Ungleichheit in den durchlaufenen Wegen erzeugen; dieser Unterschied wird in gewissen Fällen eine bloße Verschiebung der Streifen, in andern dagegen ein völliges Verschwinden derselben hervorrufen.

Diese Gesetze beziehen sich auf natürliche Lichtstrahlen; wendet man polarisirtes Licht an, so erhält man Resultate, die unabhängig von den zahlreichen Anwendungen, deren sie fähig sind, durch ihre Seltsamkeit die Aufmerksamkeit der Beobachter zu fesseln verdienen.

Wir wollen zunächst annehmen, wir wenden zur Beleuchtung der beiden Spalten in dem Metallblättchen anstatt natürlicher Strahlen polarisirtes Licht an: so werden die Streifen sich ganz ebenso gut bilden, wie im ersten Falle.

Sodann wollen wir den Versuch so einrichten, daß das Licht, welches durch die eine Spalte geht, in einer gewissen, und das auf die benachbarte Spalte fallende in einer darauf senkrechten Richtung polarisirt wird. Zu diesem Zwecke stellen wir zwei Säulen aus Platten dergestalt auf, daß das von dem strahlenden Punkte zur ersten Spalte

gehende Licht nur durch die eine Säule hindurchdringt, und die andere Säule sich blos in der Bahn der Strahlen befindet, welche die zweite Spalte erleuchten sollen. Sind diese Säulen hinreichend geneigt, so polarisiren sie, wie wir gesehen haben, das durch sie hindurchgehende Licht vollständig. Wenn man ferner dafür Sorge trägt, daß die Ebenen, in welchen man sie neigt, auf einander senkrecht stehen, so werden die austretenden Bündel unter rechten Winkeln polarisirt sein.

Ist diese letzte Bedingung erfüllt, so bemerkt man keine Spur von Streifen hinter dem Blättchen.

Ich habe erwähnt, daß ein merklicher Unterschied in der Dicke der Mittel, durch welche die beiden Strahlen hindurchgehen, hinreicht, um die Wirkungen zu vernichten, die im Allgemeinen aus ihrer Interferenz hervorgehen. Der so eben beschriebene Versuch würde also ohne alle Bedeutung sein, wenn man nicht durch vorläufige Versuche die Gewißheit gewonnen hätte, daß die beiden Säulen, die ich aus Glas von gleicher Beschaffenheit gebildet annehme, auch genau dieselbe Dicke besitzen.

Das beste Mittel, dies zu prüfen, besteht offenbar darin, die Polarisationsebenen parallel zu stellen: wenn man dann in diesen Stellungen Streifen wahrnimmt, und darauf nach einer Vierteldrehung der einen Säule um die durch sie hindurchgehenden Strahlen keine Streifen mehr erblickt, so muß man offenbar dies Verschwinden ausschließlich der Richtung der Polarisation des durchgelassenen Strahls zuschreiben.

Der beschriebene Versuch würde sehr schwierig auszuführen sein, wenn die Säulen eine große Dicke hätten; man kann aber sehr dünne Säulen aus Glimmerblättchen oder vor der Lampe geblasenen Glasfragmenten bilden; schneidet man diese Säulen dann mitten durch, so erhält man Säulenpaare von vollständig gleicher Dicke. Uebrigens hindert Nichts, durch allmäliches Neigen der einen Säule die Wirkung eines geringen Dickenunterschiedes, falls ein solcher vorhanden ist, zu compensiren.

Es gibt ein noch bequemeres Beobachtungsverfahren. Man nimmt ein von parallelen Flächen begrenztes und parallel mit der Axe geschnittenes Turmalinblättchen und theilt es in zwei Hälften. Bringt

man nun vor jede der beiden Oeffnungen in dem Metallblättchen eine Hälfte, so findet man, daß sich Streifen bilden, wenn die Axen in den beiden Hälften einander parallel sind, daß aber keine Spur von denselben übrig bleibt, sobald dieselben senkrecht aufeinander stehen, und daß beim Uebergange von der ersten Lage zur zweiten ihre Intensität allmälich abnimmt.

Wir geben den beiden vor den parallelen Spalten angebrachten Säulen jene rechtwinklige Lage, wo alle Streifen verschwunden sind, und stellen vor das Auge des Beobachters eine dritte Säule, welche in einer Ebene geneigt ist, die mit den Ebenen, in welchen die beiden ersten geneigt sind, einen Winkel von 45° bildet. Diese letztere Säule wird die aus den beiden Spalten kommenden Strahlen, die vor ihrem Auffallen auf die dritte Säule rechtwinklig auf einander polarisirt waren, auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückführen. Es scheint also, als ob von jetzt an kein Grund mehr vorliege, warum die Strahlen nicht interferiren sollten; und doch wird sich, mit wie großer Sorgfalt man auch den Versuch ausführen möge, keine Spur von Streifen entdecken lassen.

Ich brauche wohl nicht zu bemerken, daß man an Stelle der dritten Säule auch einen beliebigen Turmalin anwenden kann, gerade so wie wir zuvor die beiden ersten Säulen durch die beiden Hälften eines Turmalinblättchens mit parallelen Flächen ersetzt haben. Der Erfolg wird genau derselbe sein.

Um alle Combinationen zu erschöpfen, wollen wir noch den Metallschirm mit polarisirtem Lichte beleuchten; ferner durch zwei passend aufgestellte Säulen oder Turmaline die in demselben Sinne polarisirten Strahlen, welche durch die beiden Spalten gehen wollen, in Strahlen verwandeln, deren Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen, und endlich diese Strahlen, bevor wir sie zur Interferenz gelangen lassen, wie in dem vorhergehenden Versuche, entweder mittelst einer Säule oder mittelst eines Turmalins auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückführen: der Beobachter wird dann ohne Zweifel zu seinem großen Erstaunen finden, daß die Strahlen der Interferenz fähig sind, oder daß sie beim Vermischen eine sehr sichtbare Gruppe farbiger Streifen hervorrufen.

Die vorstehend berichtete Reihe von Versuchen führt zu folgenden Schlußfolgerungen:

1) Zwei Strahlenbündel, die man aus dem Zustande des natürlichen Lichtes in den Zustand der in demselben Sinne polarisirten Strahlen übergehen läßt, behalten, nachdem sie diese letztere Modification angenommen haben, die Fähigkeit zu interferiren.

2) Zwei Strahlenbündel, die man aus dem Zustande des natürlichen Lichtes in den Zustand aufeinander rechtwinklig polarisirter Strahlen übergehen läßt, sind der Interferenz nicht mehr fähig, weder so lange sie in diesem Zustande bleiben, noch auch nachdem man sie wieder auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückgeführt hat.

3) Zwei in entgegengesetztem Sinne polarisirte Strahlenbündel geben keine Interferenzerscheinungen, welche Modificationen sie auch von ihrem Uebergange aus dem Zustande des natürlichen Lichtes an bis zu ihrem Eintritt in jene Zustände erlitten haben mögen; werden sie später auf eine gleiche Polarisationsrichtung zurückgeführt, so erlangen sie die Fähigkeit zu interferiren wieder, falls beim Uebergange aus dem natürlichen Zustande in den polarisirten die ersten Polarisationsebenen der beiden Strahlenbündel einander parallel gewesen sind.

Sonach hängt bei diesen Erscheinungen die Wirkungsweise der Strahlen nicht nur von dem ab, was sie bei ihrem Zusammentreffen sind, sondern auch von dem, was sie waren.

Zehntes Kapitel.

Von der Polarisationsart, die sich durch Farbenerscheinungen kund gibt, und deßhalb farbige Polarisation genannt worden ist.

Zunächst wollen wir prüfen, worin diese neue Modification des Lichtes besteht, und sodann die verschiedenen Mittel zu ihrer Erzeugung aufsuchen.

Durch irgend eine der im Vorhergehenden beschriebenen Methoden polarisiren wir einen Strahl directen Lichtes, und lassen denselben dann durch eine Bergkrystallplatte mit parallelen Flächen, die senkrecht

gegen die Kanten des sechsseitigen Prismas geschnitten ist, hindurchgehen. Die Platte möge eine Dicke von ungefähr 6^{mm} haben und der polarisirte Strahl ihre beiden Flächen senkrecht treffen. Wie diese Platte auch in ihrer Ebene gedreht werden möge, stets wird der aus ihr austretende Strahl nicht mehr die Eigenschaften des gewöhnlichen polarisirten Lichtes besitzen, aber auch die Eigenschaften des directen Lichtes nicht wieder gewonnen haben. Um dies zu beweisen, unterwerfen wir diesen Strahl der Wirkung eines Kalkspathrhomboeders. Ein polarisirter Strahl würde beim Durchgange durch den Krystall in zwei besondern Lagen des Hauptschnittes, die ich bereits oben (Kap. 4, S. 257) namhaft gemacht habe, nur ein einziges Bild geben. Der aus der Platte austretende Strahl theilt sich nun aber stets in zwei Bündel; dieser Strahl ist also kein gewöhnliches polarisirtes Licht.

Ich füge weiter hinzu, daß er ebensowenig natürliches Licht ist. Ein weißes Bündel dieses letztern Lichtes theilt sich nämlich in einem doppeltbrechenden Krystalle stets in zwei weiße Strahlen von gleicher Intensität; das weiße aus der Quarzplatte austretende Bündel gibt allerdings auch stets zwei Bilder, sie glänzen aber mit den lebhaftesten Farben. Wenn das regelmäßige Bild roth ist, erscheint das unregelmäßige grün; wenn das regelmäßige Bild grün wird, nimmt das unregelmäßige eine rothe Farbe an. Ebenso verhält es sich mit allen übrigen prismatischen Farben: stets ist die Farbe des regelmäßigen Bildes die complementäre von der Färbung des unregelmäßigen, und beide ändern sich mit der Lage des Hauptschnittes des Rhomboeders, das die Spaltung des Lichtes bewirkt.

Das Rochon'sche Prismenfernrohr ist ein für diese Versuche geeigneter Apparat, und verdient meiner Ansicht nach hier aufgeführt zu werden: erstens weil man bei seiner Anwendung sehr lebhafte Farben erhält; zweitens weil es ein Mittel gewährt sich zu versichern, daß die Bilder, nach denen man visirt, durch die Einschaltung der Platte Nichts an ihrer Schärfe verlieren, und letztere also nicht auf die Weise wirkt, daß sie die Farben unregelmäßig zerstreut; und drittens endlich weil sich durch dasselbe mit Leichtigkeit der Beweis führen läßt, daß die Farben der beiden Bündel complementär sind.

Dies Instrument ist nichts weiter als ein gewöhnliches Fernrohr, in welchem sich zwischen Objectiv und Ocular ein achromatisirtes Bergkrystall- oder Kalkspathprisma befindet. Da das Prisma sich nach Belieben längs der Axe des Fernrohres verschieben läßt, so kann der Beobachter die beiden Bilder des Objects, nach welchem er visirt, mehr oder weniger von einander trennen.

Man stelle vor das Objectiv dieses Fernrohres die zuvor erwähnte Quarzplatte, und bringe ferner an dem Oculare noch ein grünliches Glas von der besondern Beschaffenheit an, wie es die Astronomen wegen seiner Eigenschaft, das Licht stark zu absorbiren ohne jedoch das durchgelassene Bündel merklich zu färben, häufig benutzen.

Wenn man nun mit diesem Instrumente die Sonne direct beobachtet, so sieht man zwei Bilder des Gestirns, die beide weiß und von gleicher Intensität sind; woraus folgt, daß die Quarzplatte dem natürlichen Lichte keine besondere Eigenschaft ertheilt. Wenn man dagegen nach dem von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirten Bilde visirt, so erblickt man auch noch zwei Sonnen; dieselben sind aber gefärbt, und jede derselben durchläuft während einer halben Umdrehung des Fernrohrs um seine Axe fast die ganze Reihe der prismatischen Farben. So geht die rothe Sonne allmälich in orange, gelb, gelblichgrün, bläulichgrün und violett über; an diesem Punkte hat das Fernrohr eine halbe Umdrehung gemacht. Fährt man mit der Drehung in demselben Sinne fort, so geht das violette Bild erst in Roth, dann in Orange u s. w. über. Die zweite Sonne zeigt stets die complementäre Farbe; denn wenn man die beiden Bilder, anstatt sie ganz zu trennen, zum Theil über einander fallen läßt, so bleibt der beiden Scheiben gemeinschaftliche Theil stets weiß, während die darüber hinausragenden Segmente in den lebhaftesten Farben glänzen.

Die Reflexion auf durchsichtigen Spiegeln ist ebenfalls geeignet, die unterscheidenden Eigenschaften der Lichtart, welche die Quarzplatte durchläßt, sichtbar zu machen.

Wenn man einen Glasspiegel um ein Bündel natürlichen Lichtes, das mit seiner Oberfläche einen Winkel von ungefähr $35^1/_2{}^0$ macht, dreht, so wird sich das reflectirte Bündel successive gegen alle Punkte des Horizontes richten, aber stets dieselbe Intensität behalten.

Ist dagegen das einfallende Licht polarisirt, so wird man zwei diametral entgegengesetzte Lagen des Spiegels finden, in denen er nicht ein einziges Lichtmolecül reflectirt.

Wiederholt man endlich denselben Versuch mit dem aus der Bergkrystallplatte austretenden Lichte, so wird man sehen, daß es, obgleich es weiß auf die Oberfläche des Spiegels auffällt, farbig reflectirt wird, und daß die Beschaffenheit der Farbe von der Seite abhängt, auf welcher die reflectirende Ebene dem Strahle entgegentritt. Ich setze hinzu, daß diese reflectirten Farben während der Umdrehung des Spiegels in derselben Ordnung auf einander folgen, wie im Sonnenspectrum; daß man sie ebenfalls in dem durchgelassenen Bündel beobachtet, daß diese letztern aber in allen Lagen den reflectirten Farben complementär sind.

Wenn, wie die Anhänger des Emissionssystems voraussetzen, die Eigenschaften der polarisirten Lichtstrahlen von eigenthümlichen Anordnungen abhängen, welche die sie bildenden Molecüle annehmen, so ist es leicht die innere Zusammensetzung eines gewöhnlichen polarisirten Strahles und eben dieses Strahles bei seinem Austritte aus einer Bergkrystallplatte anzugeben. In dem ersten Strahle müssen nämlich die Axen aller Molecüle, welches auch ihre Farben sein mögen, parallel sein, während dagegen in dem zweiten die verschiedenfarbigen Molecüle ihre Pole nach verschiedenen Seiten des Raumes gerichtet haben.

Wir müssen jetzt prüfen, nach welchem Gesetze die Ablenkung dieser Pole erfolgt, sowohl in Betreff der eigenthümlichen Farbe jedes Lichtmolecüls, als auch infolge der mehr oder minder beträchtlichen Krystalldicken, welche die Molecüle zu durchdringen haben. Wendet man polarisirtes homogenes Licht an, so erkennt man leicht, daß wenn eine Quarzplatte die Pole eines gewissen Strahles um 20° aus ihrer ursprünglichen Richtung ablenkt, eine doppelt so dicke aus demselben Krystalle geschnittene Platte eine doppelte Ablenkung oder eine Ablenkung von 40°, eine dreimal so dicke Platte eine dreifache oder eine Ablenkung von 60° erzeugt, u. s. f.

Was die einfachen Strahlen von verschiedenen Farben betrifft, so erleiden sie beim Durchgehen durch eine Platte um so stärkere Ab-

lenkungen, je brechbarer sie sind, und zwar im umgekehrten Verhältnisse der Zahlen, welche Newton die Längen der Anwandlungen nennt, oder was auf dasselbe herauskommt, im umgekehrten Verhältnisse der Größen, die wir weiter oben mit dem Buchstaben d bezeichnet haben.

Kennt man also die Ablenkung für eine Platte, so kann man mittelst einer einfachen Proportion diejenige finden, welche eine andere dickere oder dünnere Platte von derselben Beschaffenheit erzeugen würde.

Ich lasse hier die Tabelle der Ablenkungen folgen, welche die Polarisationsebenen verschiedener einfacher Strahlen beim Durchgange durch eine senkrecht auf die Axe der Säule geschnittene Bergkrystallplatte von 1mm Dicke erfahren:

Aeußerstes Roth	17,50°
Grenze von Roth und Orange	20,48
" Orange und Gelb	22,31
" Gelb und Grün	25,68
" Grün und Blau	30,05
" Blau und Indigo	34,57
" Indigo und Violett	37,68
" des äußersten Violett.	44,08

Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, daß die Winkelablenkungen andere Werthe erhalten sollten, wenn alle Molecüle gleichzeitig durch den Krystall hindurchgehen. In dem weißen Bündel, das durch eine 1mm dicke Bergkrystallplatte hindurchgegangen ist, werden folglich die Axen der rothen Elementarstrahlen einen Winkel von 3° mit den Axen der ersten orangefarbenen, ungefähr einen Winkel von 5° mit den Axen der ersten gelben Strahlen u. s. w. und endlich einen Winkel von 26° 5′ mit den Axen der äußersten violetten Strahlen machen. Analysirt man dies weiße Bündel mit einem Kalkspathrhomboeder so werden sich die verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen es besteht, nicht in denselben Verhältnissen zwischen den beiden Bildern theilen, was nothwendig eine Färbung nach sich zieht. Man sieht z. B., daß wenn man das Rhomboeder so stellt, daß sein Hauptschnitt die Pole des rothen Strahles enthält, dieser Strahl

ganz und gar in das regelmäßige Bündel übergehen, und dagegen im unregelmäßigen Bilde die rothe Farbe vollständig fehlen wird. Man wird sich einen richtigen Begriff von der Modification, welche eine Quarzplatte einem weißen polarisirten Lichtstrahle einprägt, machen, wenn man sich vorstellt, daß man in ein Bündel vereinigt: die rothen Molecüle, welche auf einem gewissen durchsichtigen Spiegel durch Reflexion polarisirt sind; ferner die orangefarbenen Molecüle, welche ein zweiter Spiegel polarisirt hat, der mit dem ersten einen gewissen Winkel bildet; sodann die gelben Molecüle, welche durch einen dritten von den beiden vorhergehenden verschiedenen Spiegel ihre Polarisation empfangen haben, u. s. f. Die innige Mischung aller dieser Arten von Molecülen in jedem weißen Lichtfaden und einige andere Hindernisse würden die Realisirung dieser Fiction nur mittelst sehr complicirter Apparate gestatten. Eine einfache Quarzplatte genügt dagegen, um den verschiedenen Bestandtheilen des weißen Strahles diese individuellen nach verschiedenen Azimuten gerichteten Polarisationen zu ertheilen.

Die vorstehend beschriebenen Erscheinungen werden, wie ich gesagt habe, durch Quarzplatten mit parallelen Flächen, die senkrecht gegen die Axe der sechsseitigen Säule geschnitten sind, hervorgebracht. In einer auf diese Flächen senkrechten Richtung besitzt der Quarz keine Doppelbrechung; die Kräfte, welche in vorliegendem Falle die Polarisationsebenen der Lichtmolecüle ablenken, unterscheiden sich also von den Kräften, denen man in der Richtung anderer Schnitte des Krystalles die Spaltung der Strahlen zuzuschreiben hat. Auch hat man die Eigenschaften der in Rede stehenden Platten in Körpern ohne regelmäßige Krystallisation, wie im Flintglase, und selbst in vollkommen flüssigen Substanzen, wie in dem Terpentinöl, dem Citronenöl, oder den Auflösungen des Kampfers in Alkohol, im Zuckersyrup u. s. w. gefunden. Es tritt bei diesen Substanzen nur ein Unterschied in dem absoluten Werthe der Dicken ein, welche dieselben Farben erzeugen*); alle andern Gesetze bleiben dieselben.

*) Eine Terpentinölschicht erzeugt dieselbe Wirkung wie eine Bergkrystallplatte, wenn sie 60mal dicker ist als diese. Die Wirkung des Citronenöls verhält sich zu der des Terpentinöls wie 17 : 10.

Wir haben gesehen, daß die Quarzplatte von 1mm Dicke die Pole der rothen Molecüle um 17,5° dreht. Gesetzt diese Drehung sei in der Richtung von der Rechten zur Linken erfolgt: jede andere Platte von beliebiger Dicke, die aus derselben sechsseitigen Säule geschnitten ist, welche die erste geliefert hat, wird die Pole in demselben Sinne ablenken, d. h. von rechts nach links; was dagegen Platten aus anderen Prismen betrifft, so können sie die Pole auch gerade entgegengesetzt von links nach rechts ablenken.

Dies Phänomen muß auf den ersten Blick sehr sonderbar erscheinen; wenn man aber erwägt, daß die Strahlen durch die Platten in einer Richtung hindurchgehen, wo jede Kraft von Doppelbrechung verschwunden ist, so wird man einsehen, daß eine bei allen Krystallindividuen stets nach derselben Seite erfolgende Ablenkung der Pole nicht minder auffallend sein würde. Man hat bis jetzt keine äußern Merkmale entdeckt, welche vorhersehen lassen könnten, in welchem Sinne die aus einem gegebenen Krystalle geschnittenen Platten die Pole ablenken werden, außer in einem sehr merkwürdigen Falle. An einigen Varietäten von Quarz werden die Ecken an den Pyramidenflächen, welche auf das sechsseitige Prisma aufgesetzt sind, durch ebenso viele schief gegen die Kanten gerichtete Flächen abgestumpft. Die Richtung der Ablenkung nun, welche diese sogenannten plagiedrischen Krystalle den Polen der Lichtmolecüle einprägen, stimmt stets mit der Richtung der Schiefe jener kleinen Flächen überein.

Wenn man einen polarisirten Strahl hintereinander durch zwei entgegengesetzt drehende Platten hindurchgehen läßt, so ist die Endablenkung der Pole gleich der Differenz der Wirkungen, die jede Platte einzeln hervorgebracht haben würde. Ein solcher Strahl gibt genau dieselben Farben, als wenn er eine einzige Platte von einer der Differenz der beiden combinirten Platten gleichen Dicke durchlaufen hätte.

Wenn zwei solche combinirte Platten gleiche Dicke besitzen, so wird das hindurchgegangene Bündel, weil es erst in einer Richtung gedreht und dann in der entgegengesetzten um dieselbe Größe zurückgedreht worden ist, seine Polarisation nicht geändert zu haben scheinen.

Das Terpentinöl lenkt die Axen der Molecüle eines hindurch-

gehenden polarisirten Strahles von der Rechten zur Linken des Beobachters, welcher den Strahl empfängt, ab; das Citronenöl dreht sie von links nach rechts. Diese Flüssigkeiten verlieren Nichts von ihrer eigenthümlichen Wirkung, wenn man sie mischt, so daß wenn ihre relativen Mengen in der Mischung im umgekehrten Verhältnisse ihrer drehenden Kräfte stehen, ein durch dieselbe hindurchgegangener Strahl mit seiner ursprünglichen Polarisation heraustritt.

Elftes Kapitel.

Ueber die Depolarisationsphänomene und die von krystallisirten Blättchen erzeugten Farben.

Wir wollen jetzt untersuchen, wie ein weißer in einer einzigen Richtung polarisirter Strahl bei seinem Durchgange durch ein doppelt brechendes Krystallblättchen modificirt wird.

Zu diesem Zwecke stellen wir den Hauptschnitt eines Kalkspathrhomboeders in die Polarisationsebene eines weißen Strahles; dieser Strahl wird ganz und gar die regelmäßige Brechung erfahren. Sodann setzen wir das Blättchen so vor das Rhomboeder, daß die Strahlen es senkrecht durchdringen. Liegt der Hauptschnitt dieses Blättchens mit dem des Rhomboeders parallel, oder steht er auf dem letztern senkrecht, so wird man nur ein weißes Bild wahrnehmen; in jeder andern Lage des Blättchens wird aber das Rhomboeder zwei complementär gefärbte Bündel liefern.

Die Drehung des Blättchens in seiner eigenen Ebene ändert die Art der Farben nicht; nur erscheinen sie um so lebhafter, je mehr der Winkel zwischen den erwähnten Hauptschnitten sich 45° nähert.

Diese Farben ändern sich mit der Dicke des Blättchens in der Weise, daß sie, wenn diese Dicke hinreichend groß wird, in ein vollkommenes Weiß übergehen. Beim Gyps beträgt die Dicke, bei welcher die Farbenerscheinungen aufhören, ungefähr ein halbes Millimeter.

Es sei O die Farbe des regelmäßigen und E die Farbe des un-

regelmäßigen Bündels. Der Versuch zeigt, daß die Farbe E fast die eines der reflectirten Ringe ist, die zwischen zwei aufeinander gelegten Glaslinsen, wie bei den berühmten Newton'schen Versuchen, gebildet werden, und daß die Farbe O der des entsprechenden durchgelassenen Ringes gleicht. Jedoch gilt diese Regel nicht allgemein; in vielen Krystallen sind die Farben E in keiner Weise denen der Ringe ähnlich.

Wenn die vorhergehende Regel sich bestätigt, so sind die successiven Dicken eines und desselben Krystalles, wobei sich die verschiedenen Farben E bilden, denjenigen proportional, die Newton für die nicht krystallinischen Substanzen gegeben hat. Nur findet man, daß bei gleicher Dichtigkeit die absoluten Werthe dieser Dicken die in den Newton'schen Tafeln angegebenen Dicken bei weitem übertreffen.

Zwischen der Farbe E, der Dicke des Blättchens und den Constanten seiner Doppelbrechung existirt eine andere merkwürdige Beziehung, die nicht unerwähnt bleiben darf.

Der Strahl E erscheint nur, wenn der Hauptschnitt des Blättchens weder parallel noch senkrecht zur ursprünglichen Polarisationsebene des Strahles ist, der durch dasselbe hindurchgeht. Wenn wir diesem Blättchen blos die gewöhnlichen Eigenschaften der Doppelbrechung beilegen, so wird der Strahl sich darin im Allgemeinen in zwei Bündel spalten, von denen das eine die regelmäßige und das andere die unregelmäßige Brechung erleidet. Zwei Bündel von gleichem Ursprunge, welche sich kreuzen, nachdem sie ungleiche Wege zurückgelegt haben, geben Interferenzerscheinungen. Für eine gewisse Ungleichheit dieser Wege werden die rothen Strahlen sich aufheben; für eine andere die gelben, grünen, blauen u. s. w. Bestimmt man nun nach diesen Prinzipien die aus der Interferenz der verschiedenen Strahlen resultirende Farbe, indem man dabei die Dicke des Blättchens und die Stärke seiner Doppelbrechung in Betracht zieht, so wird man zwischen der Rechnung und der Beobachtung stets eine sehr genügende Uebereinstimmung finden.

Die eigenthümliche Art von Ablenkung, welche die dünnen Blättchen scheinbar in den Polen der verschiedenfarbigen Molecüle, aus denen ein weißer Lichtstrahl besteht, hervorbringen, war sehr schwer

zu entdecken. Nichts beweist dies besser, als die fast allgemeine Zustimmung, mit welcher die Physiker die Gesetze, auf welche sich die Theorie der sogenannten beweglichen Polarisation stützt, aufgenommen haben. Ich würde hier den Zweck, den ich im Auge habe, nicht erreichen, wenn ich mich mit der Erläuterung der wahren Principien dieser Phänomene begnügen wollte. Die Kritik einer falschen Theorie bildet einen wesentlichen Theil meiner Aufgabe, besonders wenn diese Theorie durch den Schein blendet, und trotz der dagegen erhobenen, meines Erachtens entscheidenden Einwürfe doch noch mit Zuversicht in den neuesten Werken aufgestellt wird.

Folgendes ist das Fundamentaltheorem der beweglichen Polarisation:

„Wenn ein Strahl einfachen Lichtes, der nach einer Richtung polarisirt ist, senkrecht durch ein krystallisirtes, mit der Axe der Doppelbrechung paralleles Blättchen hindurchgeht, so dringen die Lichtmolecüle zuerst bis auf eine gewisse Tiefe ein, ohne ihre ursprüngliche Polarisation zu verlieren. Bei ihrem weiteren Vordringen aber beginnen sie periodisch um sich selbst zu oscilliren, dergestalt, daß ihre Polarisationsaxe abwechselnd auf die eine oder andere Seite des Hauptschnittes des Krystalls oder der auf ihm senkrechten Linie in gleichen Amplituden, wie ein Pendel um die Verticale, aus der man es entfernt hat, schwingt. Jede dieser Oscillationen erfolgt in einer Dicke 2e, der doppelten von derjenigen, welche das Molecül anfangs durchlaufen hatte, bevor es in Oscillationen gerieth. . . . . So verhalten sich von der Dicke 0 bis zu einer gewissen fundamentalen Dicke e die homogenen Molecüle, welche es bilden, nach ihrem Austritte gerade so, als ob sie ihre ursprüngliche Polarisation nicht verlassen hätten. Von e bis 2e verhalten sie sich so, als ob sie dieselbe verlassen hätten, um eine neue Polarisation in dem Azimut 2i anzunehmen, wenn i den Winkel bezeichnet, welchen der Hauptschnitt der Platte mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet; und endlich scheinen sie abwechselnd in dem ursprünglichen Azimute oder im Azimute 2i polarisirt.“

So oft das Licht, welches aus einem einaxigen dünnen oder dicken Krystalle austritt, aus zwei getrennten Bündeln besteht, erkennt

man, daß diese beiden Bündel rechtwinklich zu einander polarisirt sind, mag das einfallende Bündel natürliches oder polarisirtes Licht gewesen sein; keine einzige Ausnahme hat bis jetzt dieser Regel widersprochen. Es ist schwierig zu errathen, wie nach dem Systeme, dessen Principien ich so eben angeführt habe, sich der Uebergang der beweglichen Polarisation zu der Polarisation in zwei rechtwinklichen Richtungen, die man im Gegensatz dazu die feste Polarisation genannt hat, bilden soll.

Ich komme jetzt zu einem directern Einwande: Man stelle ein Gypsblättchen so, daß sein Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene des homogenen Lichtes, welches hindurchgehen soll, bildet. Da dann 2i gleich 90° ist, so würde den vorhergehenden Principien zufolge das durchgelassene Bündel entweder in der ursprünglichen oder in der darauf senkrechten Ebene polarisirt sein müssen. Wenn man also das Licht mit einem Kalkspathrhomboeder analysirte, so müßte es in zwei Lagen des Hauptschnittes nur ein Bild geben. Doch Nichts weniger als dies, das Bündel wird, wenn das Blättchen eine passende Dicke hat, sich constant im Rhomboeder in zwei Bilder von gleicher Intensität theilen, welches auch die Richtung des Hauptschnittes des Krystalls sein möge.

Wenn zwei aus gleicher Quelle stammende und mit gleicher Geschwindigkeit begabte Lichtbündel sich unter einem sehr spitzen Winkel kreuzen, nachdem sie auf verschiedenen Wegen nur wenig ungleiche Längen durchlaufen haben, so können sie sich, wie ich bereits ausgesprochen, vollständig aufheben. Dieses Aufheben würde gleichfalls für zwei Bündel, welche denselben Weg verfolgen, eintreten können, wenn sie ungleiche Geschwindigkeiten hätten. Es sei d der Wegunterschied, der im ersten Falle die periodische Wiederkehr der Punkte im Raume bestimmt, wo zwei Strahlen eines gewissen homogenen Lichtes durch ihre Interferenz eine vollständige Dunkelheit erzeugen; so wird derselbe Buchstabe d im zweiten Falle die Größe darstellen, um welche der eine der Strahlen infolge seiner größern Geschwindigkeit dem andern voraneeilt sein muß, wenn ebenfalls eine Aufhebung statt finden soll.

Wenn in einem krystallisirten Blättchen der Unterschied der von dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Strahle jener Lichtart

durchlaufenen Wege oder die Wirkung des Geschwindigkeitsunterschiedes 0, nd oder $(n + \frac{1}{2})d$ ist, wo n eine ganze Zahl bezeichnet, so wird ein vorläufig polarisirtes Bündel nach dem Durchgange durch dieses Blättchen entweder vollständig in der ursprünglichen Ebene oder in dem Azimute 2i polarisirt erscheinen, wie es die Principien der beweglichen Polarisation angeben.

Besitzt dagegen das Blättchen eine solche Dicke, daß der Unterschied der von dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Strahle durchlaufenen Wege in der allgemeinen Formel $(n + \frac{1}{4})d$, wo n wieder eine ganze Zahl bedeutet, enthalten ist, so wird das durchgelassene Licht in gewöhnliches Licht verwandelt erscheinen, wenn der Hauptschnitt des Blättchens einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene des einfallenden Bündels macht. Dies stimmt aber, wie man sieht, durchaus nicht mit den Principien der beweglichen Polarisation überein.

In dem Falle endlich, wo die Dicke des angewandten Blättchens in keiner der vorhergehenden Formeln enthalten ist, treten die vollständig polarisirten Strahlen, welche durch dasselbe hindurchgehen, mit den Kennzeichen einer partiellen Polarisation aus. Dies Resultat steht nicht weniger als die vorhergehenden mit den Gesetzen der beweglichen Polarisation im Widerspruch, weil nach diesen Gesetzen der einfallende polarisirte Strahl stets vollständig polarisirt mit einer bloßen Aenderung des Azimuts seiner Pole austreten sollte.

Ich habe so eben gezeigt, daß es im Allgemeinen nicht wahr ist, daß ein polarisirtes homogenes Lichtbündel bei seinem Durchgange durch krystallisirte dünne Blättchen entweder vollständig seine ursprüngliche Polarisationsebene behält oder seine Pole in das Azimut 2i richtet. Damit stürzt aber das ganze Gerüst der den Lichtmolecülen ertheilten oscillatorischen Bewegungen zusammen. Was den von mir oben gegen die Theorie der beweglichen Polarisation erhobenen Einwand rücksichtlich der Beziehung, welche zwischen den Erscheinungen dünner Blättchen und den Vorgängen in dicken Krystallen stattfinden muß, betrifft, so scheint er noch in seiner ganzen Kraft zu bestehen, weil auch wir selbst nicht gefunden haben, daß die Strahlen der dünnen Blättchen in zwei rechtwinkligen Richtungen polarisirt sind.

Nehmen wir indeß für den Augenblick an, daß dem so sei, und daß ein Lichtbündel beim Durchgange durch ein dünnes Gypsblättchen sich in zwei Strahlen theile, in einen gewöhnlichen und in einen ungewöhnlichen, die unter rechten Winkeln polarisirt sind, und sehen dann, was daraus folgen muß. Streng genommen verfolgen diese beiden Strahlen im Krystall im Allgemeinen verschiedene Wege; es ist aber nicht möglich sie physisch zu trennen, weil die Unvollkommenheit unserer Organe uns nöthigt, nach Objecten von einer gewissen Breite zu visiren. Die Anhänger der beweglichen Polarisation untersuchen nun das austretende Licht seiner ganzen Masse nach; in gewissen Fällen finden sie, daß es seine ursprüngliche Polarisationsebene behalten zu haben scheint, während es in andern im Azimut 2i polarisirt ist, und schließen daraus, daß die dünnen Blättchen ganz anders wirken als ein dicker Krystall.

Dieser Schluß kann indeß bestritten werden. Wenn man einen dicken Krystall anwendet, so werden das gewöhnliche und das ungewöhnliche Bild getrennt, man untersucht die Eigenschaften eines jeden gesondert; im Falle des dünnen Blättchens dagegen operirt der Beobachter mit dem compleren gemischten Lichte. Wer würde nun, ohne den Versuch gemacht zu haben, behaupten dürfen, daß zwei in Wirklichkeit rechtwinklig polarisirte Strahlen in Interferenzfällen ihre ursprüngliche Polarisation durchaus nicht verloren zu haben scheinen, und nicht eine intermediäre resultirende Polarisation, von welcher die andern gleichsam die Componenten sein würden, hervorrufen können.

Der Leser hat jetzt selbst errathen, daß wir zur Aufklärung dieser geheimnißvollen Vorgänge zu beweisen haben: 1) daß sich in den dünnen Blättchen, ebenso wie in den dicken Krystallen, zwei rechtwinklig polarisirte Bündel bilden; und 2) daß diese Bündel, wenn sie gemengt sind, den Schein einer intermediären Polarisation zwischen den Polarisationen eines jeden von ihnen darbieten können. Dies ist in der That der Gegenstand der sehr feinen Versuche, die ich jetzt anführen werde.

Nachdem wir ein Bündel homogenen Sonnenlichtes durch eine in dem Laden eines dunkeln Zimmers befestigte Linse von kurzer Brenn-

weite in einem engen Raume vereinigt haben, lassen wir das divergirende Strahlenbündel auf zwei schwach gegen einander geneigte Glasspiegel fallen. Nehmen wir an, daß der Einfallswinkel ungefähr 35° beträgt, so würden die von jedem der beiden Spiegel zurückgeworfenen Strahlen vollständig polarisirt sein und beim Durchkreuzen im Raume durch ihre Interferenz helle und dunkle Streifen bilden. Diese Streifen sind für alle Lagen der reflectirenden Spiegel in demselben Azimut polarisirt, wie die beiden zu ihrer Erzeugung beitragenden Bündel.

Nehmen wir jetzt ein dünnes, sehr durchsichtiges Gypsblättchen und schneiden es, um zwei Blättchen von derselben Dicke zu erhalten, mitten durch; befestigen wir die eine Hälfte dieses Blättchens vor den Spiegeln, in der Weise, daß nur das auf der Oberfläche des ersten Spiegels reflectirte Bündel durch sie hindurchgeht, drehen sie ferner noch so, daß ihr Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht, und stellen dann die andere Hälfte des Blättchens in die Bahn der vom zweiten Spiegel reflectirten polarisirten Strahlen, jedoch in der Weise, daß ihr Hauptschnitt auf dem der ersten Hälfte senkrecht steht, und also ebenso wie dieser einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet.

Wenn diese Blättchen wie dicke Krystalle wirken, so müssen sie beide, wie gering auch ihre Doppelbrechung sein möge, die durch sie hindurchgehenden reflectirten Strahlen in zwei rechtwinklig auf einander polarisirte Bündel von gleicher Intensität spalten. Nur in den besonderen Lagen, in die wir sie gebracht haben, trifft es sich augenscheinlich, daß z. B. die Polarisationsebene des aus dem rechten Blättchen kommenden regelmäßigen Bündels der Polarisationsebene des unregelmäßigen Bündels des linken Blättchens parallel ist; das regelmäßige aus diesem letzteren Blättchen kommende Bündel und das unregelmäßige Bündel des entgegengesetzten Blättchens werden ebenfalls in gleichem Sinne polarisirt sein.

Hiernach ist leicht vorherzusehen, was in den Punkten, wo die beiden Bündel sich kreuzen, eintreten muß. Zuerst können die aus dem rechten Blättchen kommenden regelmäßigen Strahlen mit den vom linken Blättchen gelieferten unregelmäßigen interferiren, weil beide in demselben Sinne polarisirt sind, und werden ein erstes System von

hellen und dunkeln Streifen bilden. Ein zweites System entsteht durch die Wirkung der unregelmäßigen rechten Strahlen auf die regelmäßigen Strahlen des linken Blättchens. Diese beiden Systeme von Streifen werden um so weiter von einander abstehen, je dicker die Blättchen und je stärker die Doppelbrechung der Substanz ist, woraus sie bestehen. In dem zwischenliegenden Raume finden sich die von den beiden Blättchen gelieferten gleichnamigen Strahlen; da sie aber hier im entgegengesetzten Sinne polarisirt sind, so durchkreuzen sie sich ohne irgend ein Interferenzphänomen zu erzeugen und das Auge erblickt nur eine gleichförmige Helligkeit.

Nicht weniger evident, als die Existenz zweier Systeme von Streifen, ist die Thatsache, daß bei Anwendung von Gyps diese beiden Systeme vollständig in einer auf dem Hauptschnitte des nächsten Blättchens senkrecht stehenden Ebene polarisirt sind.

Unter diesen Folgerungen aus der Hypothese, von der wir ausgegangen sind, daß nämlich jedes Blättchen das hindurchgehende polarisirte Licht in zwei unter rechten Winkeln polarisirte Strahlenbündel theilt, ist nun aber keine, welche der Versuch nicht vollständig bestätigt. Die Wahrheit der Hypothese ist somit bewiesen; denn jede andere Art von Trennung oder Polarisation der Strahlen, z. B. diejenige, welche sich aus den Principien der beweglichen Polarisation ergibt, würde Phänomene hervorbringen, die von den eben beschriebenen ganz verschieden sind.

Wer auch nur wenig das 9. Kapitel (S. 280 bis 284) studirt hat, in welchem ich die Umstände angeführt habe, unter denen polarisirte Strahlen wahrnehmbare Interferenzwirkungen geben, wird sofort einsehen, daß die beiden Streifensysteme, welche den Gegenstand der so eben angestellten Versuche ausmachen, nur, wie ich angenommen, durch das Zusammentreffen der regelmäßigen Strahlen der einen Platte mit den unregelmäßigen Strahlen der entgegengesetzten Platte entstehen können. Sollte man jedoch in dieser Beziehung irgend einen Zweifel hegen, so würde ich ihn in folgender Weise heben:

Ich würde an die Stelle der beiden bisher gebrauchten dünnen Blättchen dicke Krystalle (z. B. zwei Kalkspathrhomboeder), in welchen

die Doppelbrechung deutlich hervortritt, setzen. Da man in diesem Falle die Bahn eines jeden der beiden Strahlen getrennt verfolgen und abwechselnd mit einem Schirme aufhalten könnte, so ließe sich durch den Versuch selbst beweisen, daß es zur Bildung der einen der beiden Streifengruppen nöthig, aber auch hinreichend ist, daß das regelmäßige Bündel des einen Krystalles mit dem unregelmäßigen Bündel des anderen Krystalles zusammentreffe, und umgekehrt. Die mittelst eines Kalkspathrhomboeders bestimmte Polarisationsrichtung der Streifen würde übrigens genau dieselbe sein, wie in dem Falle, wo wir dünne Blättchen anwenden. Es würde zwischen diesen beiden Versuchen nur in Hinsicht auf die Entfernung der beiden Streifengruppen eine merkliche Verschiedenheit stattfinden. Da dieser Abstand von dem Unterschiede der von dem regelmäßigen und unregelmäßigen Strahle durchlaufenen Wege abhängt, so muß er bei den Krystallen viel größer sein, als bei den dünnen Blättchen. Es würde selbst, wenn die Krystalle sehr dick wären, der Fall eintreten können, daß man, um neue Streifen in das Gesichtsfeld zu führen, einen Theil der Wege- oder Geschwindigkeitsdifferenz durch Einschaltung eines Planglases in die von dem einen der Lichtbündel durchlaufene Bahn compensiren müßte; jedenfalls würden aber die Folgerungen aus der Beobachtung sich mit derselben Bestimmtheit darstellen. Wir wollen noch einen letzten Umstand hinzufügen, der für sich allein alle Bedenken zu heben vermag, die man über die wahre Ursache der Bildung der beiden Streifensysteme bei Anwendung dünner Blättchen hegen könnte: der Zwischenraum, welcher diese beiden Systeme trennt, ist dergestalt von der Doppelbrechung der Strahlen abhängig, daß man daraus stets einen genauen Zahlenwerth der Doppelbrechung herleiten kann, was leicht zu erkennen ist, indem man denselben nachher durch die gewöhnlichen Verfahren bei dicken Krystallen von gleicher Beschaffenheit mißt.

Wir wollen jetzt sehen, wie es möglich ist, den eben beschriebenen Versuch, aus welchem hervorgeht, daß jedes dicke oder dünne Blättchen das Licht in zwei rechtwinklig zu einander polarisirte Bündel theilt, mit jener scheinbar ganz entgegengesetzten Thatsache zu vereinigen, daß, wenn das Blättchen eine angemessene Dicke besitzt, das

ganze Bündel der durch dasselbe hindurchgegangenen polarisirten Strahlen in der ursprünglichen Ebene oder in dem Azimut 2i polarisirt erscheinen kann.

Man erzeugt in einem dunklen Zimmer einen sehr kleinen strahlenden Punkt homogenen Lichtes mittelst einer Loupe, wie wir schon angegeben haben. Man fängt das von diesem Punkte ausgehende divergirende Bündel auf einem Glasspiegel auf, dessen zweite Fläche mit einem schwarzen Firniß bedeckt ist. Um von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, wollen wir diesem Spiegel eine verticale Stellung geben, und ferner annehmen, daß das divergirende Lichtbündel nahe horizontal sei und die reflectirende Fläche unter einer wenig von dem Winkel der vollständigen Polarisation abweichenden Neigung treffe.

Nach Vollendung dieser ersten Anordnungen stellt man in die Bahn der vom Spiegel reflectirten Strahlen ein Kalkspathrhomboeder, dessen Hauptschnitt mit der Horizontalebene, mit welcher der Voraussetzung zufolge die Reflexionsebene parallel ist, einen Winkel von 45° macht. In dieser Lage des Rhomboeders theilt sich das Licht, welches durch dasselbe hindurchgeht, in zwei Bündel, in ein regelmäßiges und in ein unregelmäßiges, die gleiche Intensität besitzen, aber unter rechten Winkeln polarisirt sind. Nach ihrem Austritte aus dem ersten Rhomboeder treffen diese beiden Strahlen ein anderes von derselben Dicke, dessen Hauptschnitt aber zu dem des ersten senkrecht steht. Der regelmäßige Strahl erleidet darin also die unregelmäßige Brechung, während das Bündel, welches bei dem Austritte aus dem ersten Krystalle das unregelmäßige war, beim Durchgange durch den zweiten sich in das regelmäßige verwandelt. Diese beiden letzteren Bündel, das regelmäßige und das unregelmäßige werden, wenn sie in die Luft übergehen, polarisirt sein, das eine in der Ebene des Hauptschnittes des zweiten Krystalls, das andere in der darauf senkrechten Ebene.

Verfolgen wir diese Bündel in Gedanken. Zuvörderst ist klar, daß sie wegen der ihnen gemeinschaftlichen Divergenz sich in einer um so größern Ausdehnung durchkreuzen, je weiter man sich von dem Rhomboeder entfernt. Da ihre Ausgangspunkte geschieden und

merklich getrennt sind, so kann der Beobachter abwechselnd das regelmäßige oder das unregelmäßige Bündel mit einem Schirme aufhalten; er vermag also gewisse Punkte des Raumes beliebig bald mit dem einen, bald mit dem anderen Bündel allein, bald endlich mit allen beiden gleichzeitig zu beleuchten.

Nachdem wir bei diesem Punkte des feinen und ziemlich complicirten Versuchs, der uns beschäftigt, angelangt sind, stellen wir ein schwach matt geschliffenes Glas in einen Theil des beiden Bündeln gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes, bezeichnen durch eine sehr feine in einem undurchsichtigen und auf diesem Glase angebrachten Blättchen befindliche Oeffnung genau den Ort, auf dem sich unsere Aufmerksamkeit richten soll und bedienen uns, wie gewöhnlich eines doppelt brechenden Krystalles, um die verschiedenen Lichtarten zu analysiren, die nach dem Durchgange durch die Spalte des Diaphragmas die Netzhaut des Auges erreichen.

Zunächst werden wir leicht erkennen, daß der gewöhnliche Strahl, wenn er allein in der Oeffnung, an welchen Ort dieselbe auch gestellt sei, anlangt, daselbst keine Modification erleidet, und ebenso wie zuvor polarisirt bleibt. Dasselbe gilt auch von dem unregelmäßigen Strahle. Wenn aber diese beiden Strahlen sich in der Spalte gekreuzt haben und dann gleichzeitig nach ihrem Durchgange durch das Kalkspathrhomboeder in das hinter demselben befindliche Auge eindringen, so ist das Phänomen nicht so einfach und verändert sogar seine Natur je nach dem Orte, welchen die Spalte einnimmt. Bewegt man diese Spalte allmälich mit Hilfe einer Schraube, so wird man bald den Punkt finden, wo das aus beiden durch die Spalte hindurchgehenden Bündeln zusammengesetzte Licht in seiner Gesammtheit gerade wie das ursprünglich von dem schwarzen Glasspiegel reflectirte Licht polarisirt ist. Weiterhin erscheint die Polarisationsebene senkrecht auf der vorhergehenden, was genau dem Azimut 2i entspricht, weil $i = 45^{0}$. In einer Lage der Spalte, die zwischen den beiden vorhergehenden in der Mitte liegt, zeigen die Strahlen, welche sie hindurchläßt, keine merkliche Spur von Polarisation.

Dieser Versuch liefert uns daher die eigenthümliche Erscheinung zweier unter rechten Winkeln polarisirter Bündel, welche, nachdem sie

sich auf dem matt geschliffenen Glase gekreuzt haben, sich auf der Netzhaut des Auges vereinigen und wie die Prüfung mit dem Rhomboeder beweist, kurz gesagt, ein Bündel bilden, welches bald vollständig in einem, bald vollständig in einem anderen Sinne polarisirt, bald endlich ohne eine merkliche Spur von Polarisation ist, je nachdem die Ungleichheit der von den beiden Bündeln durchlaufenen Wege den einen oder den anderen Werth erreicht.

Nur um die Vorstellungen zu fixiren, haben wir angenommen, daß ein mattgeschliffenes Glas die Oeffnung bedecke; man kann desselben auch entbehren. Eine Loupe wird, wenn man will, zur Untersuchung der durch das Zusammentreffen der Lichtbündel in der Luft erzeugten Streifen dienen. Wenn man sich indeß darauf beschränkte, sich mit dieser Loupe vor den beiden gekreuzten Rhomboedern aufzustellen, so würde das Auge nur ein gleichförmiges und ununterbrochenes Licht empfangen; sobald aber ein Krystall, der zwei Bilder gibt, in passender Weise zwischen der Loupe und jenen Rhomboedern, oder zwischen der Loupe und dem Auge aufgestellt wird, bemerkt man zwei Systeme heller und dunkler Streifen. Die hellen Streifen des einen Bildes werden stets den dunklen des andern entsprechen. Der mittlere Streifen wird z. B. in dem regelmäßigen Bilde hell sein, wenn der Hauptschnitt des eingeschalteten Krystalles der ursprünglichen Polarisationsebene der auf dem geschwärzten Spiegel reflectirten Strahlen parallel ist. In dem unregelmäßigen Bilde wird dieser mittlere Streifen dann umgekehrt dunkel sein. Der Punkt des Raumes, den das centrale Bild einnimmt, scheint daher dem Auge durch den Krystall, womit dasselbe bewaffnet ist, Licht zu senden, das noch in der ursprünglichen Ebene polarisirt ist, da es nur ein regelmäßiges Bild gibt. Dies beweist, daß die Interferenzwirkungen in dem unregelmäßigen Bilde nur berechnet werden können, indem man $\frac{1}{2}$ d zur Differenz der durchlaufenen Wege hinzu addirt.

Wenn der Hauptschnitt des eingeschalteten Krystalles auf der ursprünglichen Polarisationsebene senkrecht steht, so finden sich die Rollen vertauscht: dann ist der centrale Streifen des unregelmäßigen Bildes hell, während eben dieser Streifen in dem regelmäßigen Bilde

vollständig dunkel ist, gerade als ob der Wegunterschied zwischen den beiden ihn bildenden Strahlen $\frac{1}{2}$ d wäre.

Ich habe bisher vorausgesetzt, daß das leuchtende Bündel nur homogenes Licht enthalte; in diesem Falle erzeugte dasselbe blos helle und dunkle Streifen. Bedient man sich dagegen des weißen Lichtes, so werden diese Streifen farbig, weil für die verschiedenfarbigen Strahlen d nicht denselben Werth besitzt, und die Farben, die man darin bemerkt, sind genau dieselben, welche das polarisirte Licht in den krystallisirten Blättchen aller möglichen Dicken entwickelt.

Wenige Worte werden jetzt genügen, um die Wirkungsweise dieser Blättchen in den von mir zuerst beschriebenen Farbenerscheinungen zu zeigen.

Ein polarisirter Lichtstrahl, der durch ein doppeltbrechendes krystallisirtes Blättchen geht, theilt sich darin, mathematisch ausgedrückt, in zwei unter rechten Winkeln polarisirte Bündel; zwei derartige Bündel interferiren aber unter einander nicht. Das Blättchen wird, wie dick es auch sei, mit bloßen Augen betrachtet, keine Farben zeigen, selbst dann nicht, wenn es nur durch polarisirtes Licht beleuchtet wird. Der Versuch bestätigt bereits dieses Resultat.

Jedes der beiden aus diesem Blättchen kommenden Lichtbündel, sowohl das regelmäßige, als das unregelmäßige, wird sich in zwei theilen, wenn es durch ein achromatisirtes Kalkspathprisma oder durch ein Rhomboeder hindurch geht. Von den vier austretenden Bündeln werden die zwei, welche die regelmäßige Brechung erleiden, nicht weiter getrennt werden, da sie es beim Austritt aus dem Blättchen nicht waren. Dies ist in gleicher Weise auf die zwei andern Strahlen anwendbar, so daß das Auge schließlich nur zwei getrennte Bilder wahrnimmt.

Von den zwei Bündeln, welche zum Entstehen des regelmäßigen Bildes beitragen, war das eine bei seinem Durchgange durch das Blättchen das gewöhnliche, und ist auch in dem nahe vor den Augen befindlichen Rhomboeder das regelmäßige geblieben, während durch die Wirkung dieses Krystalles das zweite Bündel, welches in dem Blättchen das ungewöhnliche war, in das regelmäßige Bild übergeführt worden ist.

Die ungleichnamigen Strahlen pflanzen sich nun in den doppeltbrechenden Krystallen mit ungleichen Geschwindigkeiten fort. Eine Ungleichheit der Geschwindigkeit erzeugt aber, wie wir schon gesehen haben, ebensowohl Interferenzerscheinungen, als ein Wegunterschied. Wenn also in dem angewandten Blättchen der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der regelmäßigen und unregelmäßigen Strahlen entweder infolge der Dicke dieses Blättchens oder der Intensität der Doppelbrechung einer gewissen Größe d oder ihren Vielfachen entspricht, so wird die Art der Strahlen, welche infolge des Wegunterschieds nd (wo n eine ganze Zahl bezeichnet) sich aufheben, in dem vom Rhomboeder gelieferten regelmäßigen Bilde fehlen. Diese Wirkung, ich wiederhole es, rührt von der Interferenz der beiden Strahlen her, durch welche dieses Bild in der That gebildet wird, und die in dem Blättchen ungleiche Geschwindigkeiten besaßen.

Wenn der Versuch mit den beiden gekreuzten Rhomboedern uns nicht gezeigt hätte, daß zur Berechnung der gegenseitigen Einwirkungen der Lichtstrahlen, die beim Durchgange durch doppeltbrechende Krystalle mehrere Male die Polarisationsebene wechseln, die gewöhnlichen Regeln der Interferenz nicht ausreichen, so würden wir hier durch eine große Schwierigkeit gehemmt worden sein. Da nämlich der Geschwindigkeitsunterschied für die zwei Strahlen, aus welchen das durchs Rhomboeder erzeugte unregelmäßige Bild entsteht, und für diejenigen, welche zur Bildung des regelmäßigen Bildes beitragen, derselbe ist, so könnte es scheinen, als ob sich in den beiden Bildern die Strahlen derselben Farbe aufheben müßten, oder, was dasselbe besagt, daß beide Bilder dieselbe Farbe zeigen müßten. Erinnert man sich aber, daß, nachdem man für das eine der Bilder die Wirkung der einem Wegunterschiede von d entsprechenden Interferenz berechnet hat, beim Uebergange zu dem anderen Bilde, um mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate zu erzielen, $\frac{1}{2}$ d zu dem Wegunterschiede oder zu der Wirkung des Geschwindigkeitsunterschiedes hinzuzufügen ist, so wird die Schwierigkeit verschwinden. Wenn in dem regelmäßigen Bilde d die Verstärkung der rothen Strahlen veranlaßt, so wird dagegen im unregelmäßigen Bilde d + $\frac{1}{2}$ d ihrer vollständigsten Uebereinstimmung entsprechen, und diese zwei Bilder

müssen also, wie es auch der Versuch bestätigt, genau complementäre Farben zeigen.

Da die Farben, welche das polarisirte Licht bei seinem Durchgange durch krystallisirte Blättchen entwickelt, in aller Strenge nur sehr breite Interferenzstreifen sind, so werden wir hier beim Variiren der Dicke dieser Blättchen eben dieselben Ablenkungen der Polarisationsebenen wieder finden müssen, die wir in dem Versuche antrafen, wo wir schmale Streifen mittelst der durch zwei Gypsblättchen, deren Hauptschnitte auf einander senkrecht standen, durchgelassenen Strahlen erzeugten. Ich habe bereits gesagt, daß der Versuch diese Analogie bestätigt hat.

Ich müßte mich sehr täuschen, wenn die im Vorstehenden gegebene Erklärung nicht die Zustimmung der Physiker, die sie mit der ganzen nöthigen Aufmerksamkeit prüfen, erhalten sollte. Ich will dieses Kapitel mit Anführung der Formeln schließen, welche die Intensitäten des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bildes in dem Falle geben, wo der polarisirte Strahl unter senkrechter Incidenz durch ein oder zwei krystallisirte Blättchen, deren Hauptschnitte eine beliebige Richtung haben, hindurch gegangen ist.

Ich beginne mit dem Falle eines einzigen Blättchens.

Die Intensität des ursprünglichen homogenen Bündels werde gleich 1 gesetzt.

i bedeute den Winkel, den der Hauptschnitt des Blättchens mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht.

s bezeichne den Winkel zwischen derselben Ebene und dem Hauptschnitte des Rhomboeders oder des achromatisirten Prismas, mittelst dessen man das austretende Licht analysirt.

o — e sei der Unterschied im Wege zwischen den gewöhnlichen und den ungewöhnlichen Strahlen beim Austritte aus dem krystallisirten Blättchen.

d behalte dieselbe Bedeutung, die wir diesem Buchstaben oben gegeben haben.

π stelle das Verhältniß des Durchmessers zum Umkreise dar.

Dies gesetzt, haben wir die Intensität

des gewöhnlichen Bildes $= \cos^2 s - \sin 2i \sin 2(i-s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$;

des ungewöhnlichen Bildes $= \sin^2 s + \sin 2i \sin 2(i-s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$

Wenn das polarisirte Bündel durch zwei Blättchen gegangen ist, so muß es in der Formel ein Element mehr geben, nämlich den Winkel, welchen der Hauptschnitt dieses zweiten Blättchens mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet. Nennen wir, während alle übrigen Buchstaben die frühern Bedeutungen behalten, diesen Winkel α, und bezeichnen mit $o'-e'$ den durch die zweite Platte erzeugten Wegeunterschied: so wird die Intensität des von einem homogenen Lichtbündel gelieferten gewöhnlichen Bildes sein:

$$\cos^2 s + \sin 2\alpha \sin 2i \cos 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$$

$$- \sin 2\alpha \cos 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o'-e'}{d}$$

$$- \cos^2 \alpha \sin 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e+o'-e'}{d}$$

$$+ \sin^2 \alpha \sin 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e-(o'-e')}{d}$$

Die Intensität des ungewöhnlichen Bildes erhält man durch Abziehen dieser Formel von der Einheit.

Berechnet man nach diesen Formeln einzeln die Intensität der verschiedenfarbigen Strahlen, welche das weiße Licht bilden, so erhält man die Farbe des gewöhnlichen oder die des ungewöhnlichen Bündels, mag dies vorläufig polarisirte Licht durch ein oder zwei krystallisirte Blättchen hindurchgegangen sein. Wenn man bei der Rechnung für $o-e$ und für $o'-e'$ die den individuellen Doppelbrechungen, welche die verschiedenen Strahlenarten erleiden, entsprechenden Werthe einsetzt, so wird man zwischen den Formeln und der Erfahrung die vollständigste Uebereinstimmung selbst bei den Krystallen finden, wo die depolarisirten Farben mit denen der Newton'schen Ringe keine Aehnlichkeit zu haben scheinen.

Die Phänomene der dünnen Blättchen, worin man einen unan-

greifbaren Beweis für das Emissionssystem zu sehen geglaubt hatte, welche die sonderbarsten Oscillationsbewegungen zu erfordern schienen, welche dahin geführt hatten, in den Lichtmolecülen eine Rotationsaxe, Pole und einen Aequator, sogar selbst eine Präcession der Aequinoctien zu unterscheiden: diese Phänomene sind, wie man gesehen hat, nur unmittelbare Folgerungen der so fruchtbaren Gesetze der Interferenzen.

Zwölftes Kapitel.

Ueber die circulare Polarisation.

Die Polarisationsart, von welcher in diesem Kapitel die Rede sein wird, ist wesentlich von denjenigen verschieden, mit denen wir uns bisher beschäftigt haben.

Gesetzt wir lassen einen polarisirten Lichtstrahl unter dem Winkel von 54⁰ eine zweimalige Reflexion in einem Glasparallelepipedum erleiden, wie dies Fig. 9 (S. 308) darstellt; und zwar seien die neuen Reflexionsebenen unter 45⁰ gegen die ursprüngliche Polarisationsebene geneigt. Das austretende Bündel wird dann ganz besondere Eigenschaften erlangt haben.

Analysirt man dies austretende Bündel mit einem Rhomboeder, so zerlegt es sich stets in zwei Strahlen von gleicher Intensität, welches auch die Lage des Hauptschnittes sein möge. Nach dieser Erscheinung allein würde man also glauben können, daß es wieder natürliches Licht geworden wäre. Wenn man es jedoch durch ein krystallisirtes Blättchen gehen läßt, bevor man es der Wirkung des Rhomboeders unterwirft, so entdeckt man bald, daß dem nicht so ist. Das natürliche Licht würde nämlich in diesem letztern Falle zwei weiße Bilder von gleicher Intensität geben, während das aus dem Parallelepipedum kommende Licht sich stets in zwei stark gefärbte Bündel zerlegt.

Ich lasse hier noch andere charakteristische Eigenschaften dieser neuen Art von Strahlen folgen:

Wie ich bereits im 7. Kapitel (S. 272) bemerkt habe, ändern eine oder mehrere totale Reflexionen Nichts an den sichtbaren Eigen-

schaften des gewöhnlichen Lichtes, modificiren dagegen merklich das aus dem Parallelepipedum ausgetretene Bündel. Dieses Bündel

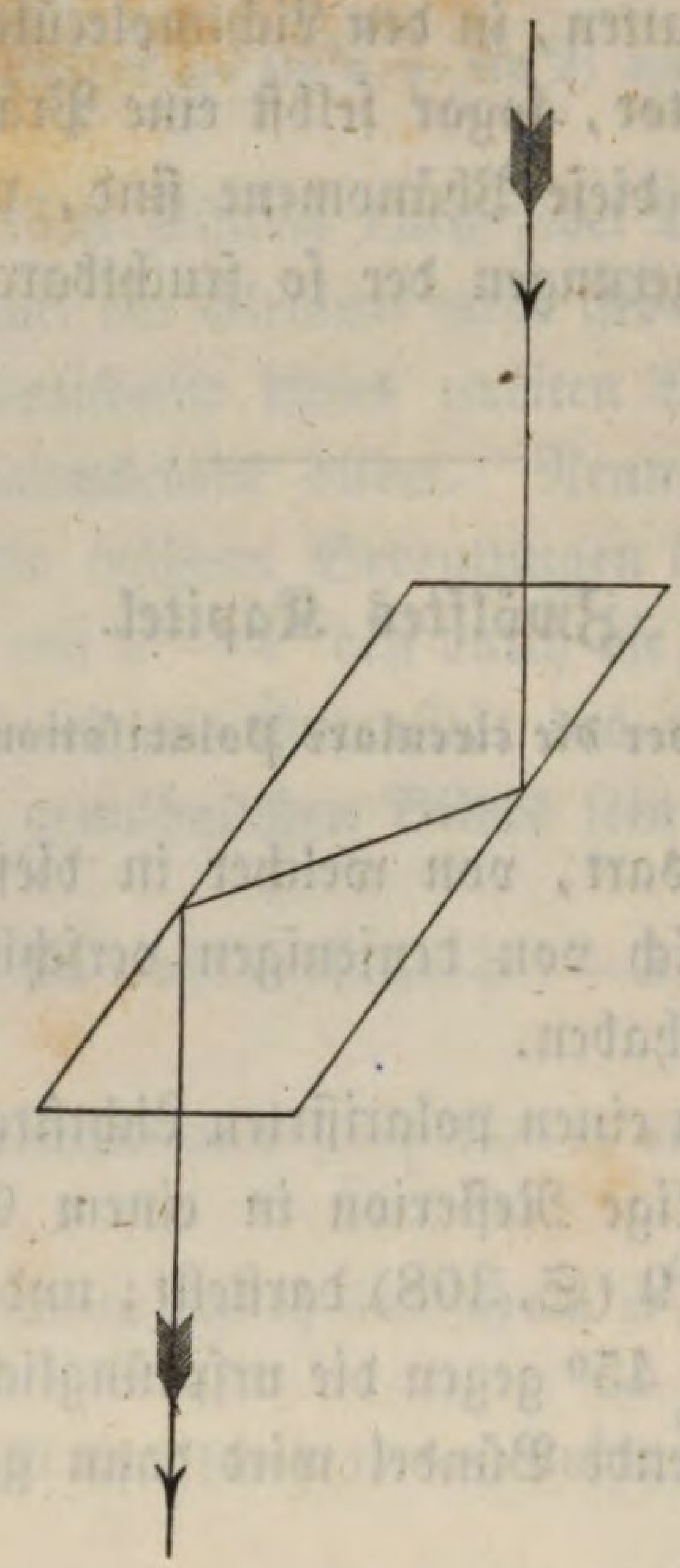


Fig. 9. — Zweimalige Reflexion eines Lichtstrahles in einem Parallelepipedum.

nimmt nämlich wieder alle Kennzeichen des polarisirten Lichtes an, wenn man es zwei neue, den frühern gleiche totale Reflexionen erleiden läßt, welches übrigens auch das Azimut der neuen Reflexionsebene in Bezug auf die alten sein möge.

Ich sagte vorhin, daß die in Rede stehende Lichtart sich in zwei gefärbte Bilder zerlegt,, wenn man sie durch ein krystallisirtes Blättchen hindurchgehen läßt und dann mit einem Rhomboeder zerlegt. Dabei ist aber zu bemerken, daß die Farbe jedes der beiden Bilder auf dem Newton'schen Farbenkreise um einen Viertelkreis von dem Orte absteht, den die Farbe einnimmt, welche das Bild dargeboten haben würde, wenn man gewöhnlich polarisirtes Licht angewandt hätte.

Endlich füge ich als letztes unterscheidendes Merkmal noch hinzu,

daß das gewöhnliche polarisirte Licht keine Farbenerscheinung hervorruft, nachdem man es durch senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatten oder durch Schichten von Terpentinöl u. s. w. hat hindurchgehen lassen.

Ein polarisirter Strahl, der durch zwei totale Reflexionen modificirt worden ist, besitzt also ganz besondere Eigenschaften, die ihn gleichzeitig von einem directen und von einem gewöhnlichen polarisirten Strahle unterscheiden. Da diese Kennzeichen sich nicht auf die Seiten beziehen, so hat man die Modification, welche er angenommen, mit dem Namen der circularen Polarisation bezeichnet. Für diejenigen, welche diese Benennung durch die vorhergehenden Erscheinungen nicht hinreichend gerechtfertigt finden sollten, bemerke ich, daß sie zum Theil theoretischen Betrachtungen entlehnt ist.

Ich habe zuvor gezeigt, durch welche Combinationen von totalen Reflexionen man von der gewöhnlichen Polarisation zur circularen Polarisation übergeht; es bleibt mir noch übrig ein anderes äußerst merkwürdiges Mittel, diese letzte Polarisationsart unmittelbar zu erhalten, namhaft zu machen.

Man schneidet aus einem Bergkrystalle ein sehr stumpfes Prisma, dessen beide Flächen mit einander einen Winkel von z. B. 150° machen und gegen die Axe des Krystalles gleich geneigt sind, und achromatisirt es dann so viel als möglich mit Glasprismen, welche auf die Ein- und Austrittsfläche aufgekittet werden*). Dieser kleine Apparat zeigt Doppelbrechung; indeß erhalten die beiden Bilder, welche er hervorbringt, mag man polarisirtes oder gewöhnliches Licht in einer der Axe des Krystalles genau parallelen Richtung hindurchgehen lassen, nicht die Modification, welche ihnen z. B. der isländische Doppelspath ertheilen würde; beide sind circular polarisirt.

---

*) Benutzt man Glasprismen, so ist der Achromatismus stets sehr unvollkommen. Der Versuch wird viel reiner, wenn man an das Prisma von 150° zwei andere Prismen aus Bergkrystall anlegt; nur muß man Sorge tragen, sie aus einem Krystalle zu nehmen, der die entgegengesetzten Eigenschaften besitzt (vergl. oben S. 290 die Bemerkung über die plagiedrischen Krystalle). Diese Anordnung bietet noch außerdem den Vortheil dar, die Entfernung der Bilder zu verdoppeln.

Denn wenn man sie mit einem Rhomboeder analysirt, so theilen sich beide stets in zwei Bündel von gleicher Intensität, und wenn man sie in einem Glasparallelepipedum zwei totale Reflexionen unter 54° erleiden läßt, so findet man sie vollständig in 45° gegen die Reflexionsebene geneigten Ebenen polarisirt, und zwar liegt die Polarisationsebene des einen Bündels nach rechts und die des andern nach links.

Es existirt also eine eigenthümliche Art von Doppelbrechung, welche den Lichtstrahlen die circulare Polarisation mittheilt, gerade so wie die Doppelbrechung des Kalkspaths ihnen die gewöhnliche Polarisation verleiht.

Aus allen Erscheinungen und aus den allgemeinen Gesetzen der Interferenzen geht übrigens hervor, daß ein circular polarisirtes Bündel als zusammengesetzt betrachtet werden kann aus zwei gewöhnlichen unter rechten Winkeln polarisirten Bündeln, von denen aber das eine gegen das andere in seinem Gange um ein Viertel der zuvor mit d bezeichneten Größe verzögert worden ist.

Die Eigenschaften der circular polarisirten Strahlen gewähren ein sehr interessantes Mittel, um genau alle die Farbenerscheinungen hervorzubringen, welche die senkrecht auf die Axe geschnittenen Bergkrystallplatten und gewisse Flüssigkeiten dargeboten haben.

Zu diesem Zwecke bringt man ein dünnes krystallisirtes Blättchen zwischen zwei Glasparallelepipeda aus gewöhnlichem Glase, die sich rechtwinklig kreuzen und dem oben S. 308 gezeichneten ähnlich sind. Ein senkrecht in das erste Parallelepipedum eindringendes Lichtbündel erleidet in seinem Innern eine zweimalige totale Reflexion unter dem Winkel von 54°; nach seinem Austritte geht es durch das krystallisirte Blättchen; weiterhin dringt es in das zweite Parallelepipedum ein, und wird darin wieder zwei Mal total reflectirt, aber in einer Ebene, welche auf der Reflexionsebene der beiden ersten Zurückwerfungen senkrecht steht; endlich tritt der Strahl senkrecht auf der hintern Fläche des zweiten Parallelepipedums in die Luft über. Man wird es nun stets so einrichten können, daß dieser austretende Strahl alle Erscheinungen eines polarisirten Strahles, der eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte oder eine Schicht Terpentinöl durchdrungen hat, darbietet; es genügt dazu, daß das auf das erste Pa-

rallelepipedum einfallende Bündel polarisirt ist, und daß die Axe des eingeschalteten Krystallblättchens einen Winkel von 45° mit den beiden Ebenen der zweifachen totalen Reflexion macht.

Dreizehntes Kapitel.

Historische Details über die Entdeckung der verschiedenen Eigenschaften des Lichtes, die sich auf Polarisationserscheinungen beziehen.

Ich werde jetzt die Physiker namhaft machen, welchen man die Entdeckungen verdankt, deren Wichtigkeit hervorzuheben ich oben bestrebt gewesen bin, und in diesem geschichtlichen Theil der größeren Deutlichkeit wegen der Ordnung der Kapitel folgen, indem ich jedem derselben einen besonderen Paragraphen widme.

§ 1. — Entdeckung der Polarisation in den doppeltgebrochenen Strahlen durch Huygens. — Entdeckung der Wirkungen der Reflexion auf die polarisirten Strahlen durch Malus.

Meines Erachtens ist Huygens der Erste gewesen, der erkannt hat, daß die zwei Strahlen, in welche sich bei der Doppelbrechung ein Bündel theilt (Kap. 3 S. 247 bis 252), beim Austritte aus dem Krystalle ganz besondere Eigenschaften zeigen, welche das einfallende Licht nicht besaß. „Es scheint", sagt er, „daß man genöthigt ist zu schließen, daß die Lichtwellen, nachdem sie den ersten Doppelspathkrystall durchdrungen haben, eine gewisse Form oder Anordnung erhalten, vermöge deren sie beim Auftreffen auf das Gefüge eines in einer gewissen Stellung befindlichen zweiten Krystalles die beiden verschiedenen Materien in Bewegung setzen können, welche zu den beiden Brechungsarten dienen, dagegen beim Auffallen auf eben diesen zweiten Krystall in einer andern Lage nur die eine dieser Materien zu bewegen im Stande sind."

Nach diesem großen Physiker ändert also bei dem Vorgange der Doppelbrechung die Welle oder wenn man will der Strahl seine Form, verliert seine Symetrie, so daß Grund vorliegt, seine verschie-

denen Seiten, oder in andern Worten, seine verschiedenen Pole zu unterscheiden.

Huygens ist also der Erste gewesen, der ein Polarisationsphänomen wahrgenommen hat; die Entdeckung datirt vom Jahre 1678, ist aber erst 1690 veröffentlicht worden.

Seit Huygens hatte sich, wenn man den unsterblichen Verfasser der Optik ausnimmt, bis 1809 kein Beobachter von diesem Gesichtspunkte aus mit der Doppelbrechung beschäftigt. Wir müssen selbst zugeben, daß in Bezug auf die Thatsachen Newton nichts Neues zu der Entdeckung des holländischen Gelehrten hinzugefügt hat. Er hob nur viel stärker die Nothwendigkeit hervor, in jedem der Strahlen, welche die Doppelbrechung beim Durchgange durch einen Kalkspath erzeugt, Pole anzunehmen.

Malus gebührt die Ehre, die Aufmerksamkeit der Physiker auf die merkwürdigen Eigenschaften des Lichtes, welche den Gegenstand dieser Notiz ausmachen, zurückgeführt zu haben; er hat die sonderbaren Erscheinungen nachgewiesen, welche die regelmäßigen und die unregelmäßigen Strahlen darbieten, wenn sie unter gewissen Neigungen auf durchsichtige Spiegel fallen (Kap. 3 S. 253 bis 256); ihm verdanken wir auch das mathematische Gesetz, welches die Intensitäten der verschiedenen Bündel, in welche sich das Licht bei seinem Durchgange durch zwei aufeinander gelegte Rhomboeder theilt, zu verknüpfen scheint. (Vergl. Mémoires d'Arcueil 1809, Bd. 2.)

§ 2. — Entdeckung der Polarisation in den reflectirten Strahlen durch Malus.

Was in einigen Aufsätzen über den glücklichen Umstand berichtet worden, der Malus zu der Entdeckung führte, daß die Lichtstrahlen bei der Reflexion auf durchsichtigen Körpern polarisirt werden, ist richtig. Dieser Physiker, den ein frühzeitiger Tod so schnell den Wissenschaften, deren Hoffnung er war, und seinen zahlreichen Freunden entrissen hat, hat mir oft erzählt, daß er zufällig gegen Ende des Jahres 1808 beim Zerlegen des von den Fenstern des Luxembourg reflectirten Lichtes der untergehenden Sonne mittelst eines Kalkspathrhomboeders zum ersten Male den Intensitätsunterschied der beiden

Bilder wahrnahm *). Ein ähnlicher Intensitätsunterschied hatte sich den Augen der Mineralogen darbieten müssen, so oft sich bei ihren Versuchen, die Doppelbrechung der Krystalle zu entdecken, die feine Nadel, nach welcher sie visirten, auf den heiteren Himmel projicirte, d. h. auf eine Fläche von polarisirtem Lichte; indeß war ihnen die Thatsache nicht aufgefallen. Malus bemächtigte sich ihrer, erkannte ihre ganze Wichtigkeit, vervollständigte sie, analysirte sie nach allen ihren Seiten mit dem seltensten Scharfsinn, und wurde so der Schöpfer eines neuen Zweiges der Optik.

Alle im 4. Kapitel (S. 256 bis 258) angeführten Versuche rühren von diesem berühmten Physiker her.

§ 3. — Beobachtung der partiell polarisirten Strahlen durch Arago.

Die im 5. Kapitel (S. 256 bis 261) berichteten Messungen, woraus hervorzugehen scheint, daß bei gleichen Winkelabständen ober- und unterhalb des Winkels der vollständigen Polarisation die reflectirten Strahlen fast gleiche Mengen polarisirtes Licht enthalten, sind von mir ausgeführt worden.

§ 4. — Entdeckung des Gesetzes, welches den Winkel der vollständigen Polarisation mit der brechenden Kraft der Körper verknüpft, durch Brewster. — Regel von Malus und Theorem von Arago.

Das merkwürdige im 6. Kapitel (S. 261 bis 263) angeführte Gesetz, welches den Winkel der vollständigen Polarisation mit der brechenden Kraft der Körper verknüpft, ist von Brewster entdeckt und der königl. Gesellschaft am 16. März 1815 mitgetheilt worden. (Phil. Transact. desselben Jahres.)

Die Regel (Kap. 6 S. 266), welche den Winkel der vollständigen Polarisation auf der zweiten Fläche der durchsichtigen Mittel aus dem Winkel der vollständigen Polarisation auf der ersten berechnen lehrt, rührt von Malus her (Mémoires d'Arcueil 1809, Bd. 2).

*) Man ist im Irrthum, wenn man sagt, er habe auf diese Weise das eine der Bilder verschwinden sehen: die Polarisation auf den Fensterscheiben war im Augenblicke des Versuchs nur partiell.

Dieselbe Relation muß auf die Winkel an der ersten und der zweiten Fläche, unter denen das Licht in gleichen Mengen polarisirt wird, ausgedehnt werden. Die von Malus gegebene Regel ist also nur ein specieller Fall eines allgemeinen Theorems (S. 267), das ich aus einer langen Reihe von Beobachtungen hergeleitet habe*).

§ 5. — Entdeckung der Polarisation mittelst einfacher Brechung durch Malus. — Entdeckung der Gleichheit der polarisirten Lichtmengen in den reflectirten und durchgelassenen Bündeln durch Arago. — Entdeckung der Eigenschaften der Säulen aus Platten durch Malus. — Vergleichung gewisser natürlicher Körper mit den Säulen durch Brewster.

Malus hat ebenfalls endeckt (Kap. 7 S. 268 und 269), daß das von einem durchsichtigen Spiegel durchgelassene Lichtbündel in einer Ebene, welche mit der Polarisationsebene des reflectirten Bündels einen rechten Winkel bildet, partiell pollarisirt ist. (Dem Institut am 11. März 1811 mitgetheilt, am folgenden Tage im Moniteur abgedruckt. Vergl. auch Mémoires de la classe des sciences mathém. et phys. de l'Institut für das Jahr 1810).

Die von mir ausgeführten photometrischen Versuche haben zwischen diesen beiden Polarisationsarten eine Beziehung festgestellt, die Malus entgangen war; sie ist in dem einfachen Satze enthalten

*) Arago hat das Datum der Entdeckung dieses allgemeinen Theorems durch eine Mittheilung an die Akademie der Wissenschaften am 13. Februar 1815 festgestellt, deren von dem damaligen beständigen Secretär Delambre unterzeichnetes Manuscript folgendermaßen lautet:

„Der Sinus des Winkels, unter welchem ein Lichtbündel beim Auffallen auf die erste Fläche eines Spiegels partiell polarisirt wird, verhält sich zu dem Sinus des Winkels, unter welchem es eine äquivalente partielle Polarisation durch Reflexion auf der zweiten Fläche erhält, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels; so daß das von Malus für die vollständige Polarisation gegebene Gesetz nur ein specieller Fall des so eben ausgesprochenen allgemeinen Princips ist; kurz man sieht daraus, daß die relative Menge natürlichen Lichtes, die beim Auffallen eines Strahles auf die erste Fläche eines Körpers polarisirt wird, der relativen Menge gleich ist, welche polarisirt werden würde, wenn dieser Strahl im natürlichen Zustande auf demselben Wege von innen nach außen zurückkehrte.“

(Kap. 7 S. 271): die Menge polarisirten Lichtes, welche in dem von einer durchsichtigen Ebene durchgelassenen Bündel enthalten, ist genau der unter rechtem Winkel polarisirten Lichtmenge gleich, die sich in dem von derselben Ebene reflectirten Lichtbündel findet.

Diese Versuche datiren von 1812; sind aber erst 1814 durch Biot, dem ich sie mitgetheilt hatte, veröffentlicht worden. (Vergl. Recherches expérimentales et mathématiques sur les mouvements des molécules de lumière. 1814, S. 50.*)

Die vorstehende Regel führt, als besonderer Fall, zu der ebenfalls von mir angegebenen Folgerung, daß unter dem Winkel der totalen Reflexion und unter allen kleinern das Licht nicht polarisirt wird.

Die von Säulen aus Platten dargebotenen Erscheinungen (Kap. 7, S. 272 bis 274) wurden von Malus unmittelbar nach seiner Entdeckung der Polarisation durch Brechung analysirt.

Die Beobachtung, daß gewisse natürliche Körper (S. 275), z. B. die Achate, wie wahre Säulen auf das Licht wirken, rührt von Brewster her. (Treatise on new philosophical instruments, 1813.)

§ 6. — Mathematische Gesetze Fresnels über die Lage der verschiedenen Polarisationsebenen verschieden reflectirter und gebrochener Lichtbündel.

Die in dem 8. Kapitel (S. 276 bis 280) enthaltenen Gesetze, Formeln und Versuche gehören Fresnel. Bereits Malus hatte versucht zu finden, wie die Lage der Polarisationsebene geändert wird; es fehlt aber denjenigen seiner Resultate, die veröffentlicht worden sind

---

*) Biot drückt sich folgendermaßen aus: „Wenn ein Strahl directen Lichtes auf ein polirtes Glas unter dem Winkel von 35° 25′, welcher durch Reflexion die vollständige Polarisation erzeugt, auffällt, so ist die reflectirte Lichtmenge, die auf diese Weise polarisirt wird, dem Theile durchgelassenen Lichtes gleich, der senkrecht auf die Einfallsebene durch Brechung polarisirt wird. Der Rest des durchgelassenen Strahles besteht aus dem Theile jedes Bündels, der, ohne seine ursprüngliche Polarisation zu verlieren, direct hindurch geht. Dies Resultat stimmt mit der Erfahrung überein; denn Arago hatte es mittelst sehr genauer Verfahren gefunden und mir mitgetheilt, bevor ich es aus der Theorie hergeleitet hatte. Arago hat ferner beobachtet, daß diese Gleichheit gleichfalls unter allen Incidenzen statt hat, wenn man blos die polarisirten Lichtmengen, die sich in den reflectirten und den durchgelassenen Strahlen bilden, vergleicht.

(Mémoires de l'Institut, 1810) in mehreren Beziehungen an Genauigkeit. Die Fresnel'schen Formeln sind eine der kostbarsten Bereicherungen, welche die Optik in diesen letzten Zeiten erhalten hat.

Die Nachweisung der Ablenkungen, welche die Polarisationsebene eines vorläufig polarisirten Bündels bei Reflexionen erleidet, findet sich in den beiden Abhandlungen, die Fresnel am 24. November 1817 und im Anfange des Januar 1818 der Akademie der Wissenschaften vorgelegt hat; die mathematischen Gesetze wurden aber erst 1821 entdeckt und veröffentlicht. (S. Annales de chimie et de physique, Bd. 17.)

§ 7. — Entdeckung der Modificationen, welche die Polarisation in den Interferenzerscheinungen hervorruft durch Arago und Fresnel.

Fresnel und ich sind bis jetzt die einzigen Physiker, die sich mit der Polarisation, insofern sie die Interferenzphänomene modificirt (Kap. 9, S. 280 bis 284), beschäftigt haben. Die Abhandlung, in welcher wir zum ersten Male die hier wiederholten Resultate angegeben haben, ist 1819 in den Annales de chimie et de physique Bd. 10 erschienen.*)

§ 8. — Entdeckung der farbigen Polarisation durch Arago.

Ich habe zuerst gezeigt (Kap. 10, S. 284 bis 287), daß die gewöhnlichen polarisirten Lichtstrahlen beim Durchgange durch krystallisirte Blättchen ihre ursprünglichen Eigenschaften verlieren, und neue empfangen; z. B. die Eigenschaft, durch den Doppelspath in zwei farbige Bündel zerlegt, und von durchsichtigen Spiegeln mit Farben reflectirt zu werden, deren Nüance von der Seite abhängt, mit welcher der Spiegel dem Strahle entgegentritt. (Am 11. August 1811 im Institut gelesene und in den Mémoires für dasselbe Jahr gedruckte Abhandlung.)

*) Diese Abhandlung, so wie alle übrigen von Arago herrührenden Abhandlungen und Notizen, welche in diesem historischen Abschnitte citirt werden, sind in den 1. Band der wissenschaftlichen Abhandlungen (10. Bd. der sämmtlichen Werke) aufgenommen worden.

Brewster hat 1813 analoge Beobachtungen in seinem Treatise on new philosophical instruments veröffentlicht.

Er gibt an, daß seine Beobachtungen gemacht wurden, bevor er Arago's Arbeit gesehen, ebenso auch bevor irgend einer seiner Landsleute einige Kenntniß von dem, was in Frankreich geschehen war, gehabt hätte (before any of his countrymen had any knowledge of what had been done in France. Edinburg. Encyclopädie, Art. Optics, S. 587). In Betreff des ersten Punktes muß man einem Manne von Brewster's Verdienst aufs Wort glauben; sollte es mir aber nicht gestattet sein darauf hinzuweisen, daß da Arago's Abhandlung im Auszuge in den Moniteur vom 31. August 1811 *) aufgenommen

---

*) Man findet die Abhandlung Arago's im 1. Bande der wissenschaftlichen Abhandlungen, Bd. 10 der gesammelten Werke. Der Artikel im Moniteur vom 31. August 1811 lautet folgendermaßen:

„Da uns die zu große Ausdehnung der Abhandlung Arago's nicht erlaubt, sie ganz in diese Zeitung einrücken zu lassen, so wollen wir wenigstens einen Auszug ihrer wichtigsten Resultate geben und damit eine gedrängte Beschreibung einiger Experimente, die zur Auffindung derselben gedient haben, verbinden.

„Wenn man irgend ein Object, z. B. die Flamme einer Kerze durch ein Kalkspathrhomboeder betrachtet, so sind die beiden Bilder, die man wahrnimmt, fast von gleicher Intensität und ohne irgend eine Farbe, mögen die Strahlen unmittelbar auf den Krystall fallen, oder mögen sie zuvor bereits ein Glimmerblättchen durchlaufen haben. Wenn man aber nach der zuvor von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirten Flamme sieht, so existirt zwischen den beiden Bildern für gewisse Lagen des Rhomboeders ein um so beträchtlicherer Unterschied in der Intensität, je mehr der Reflexionswinkel sich ungefähr 35° nähert; bei dieser Grenze verschwindet, wie bekannt, eins der beiden Bilder vollständig. Schaltet man jetzt ein Glimmerblättchen so ein, daß die reflectirten Strahlen dasselbe durchdringen, bevor sie auf das Rhomboeder fallen, so erscheint dieses Bild wieder, aber mit einer Farbe, die in Betreff ihrer Lebhaftigkeit und ihrer Natur von der Dicke des eingeschalteten Blättchens und von dem mehr oder weniger großen Winkel, den die leuchtenden Strahlen mit seiner Fläche machen, abhängt. Welches übrigens auch diese Neigung sein mag, stets sind die beiden Bilder complementär gefärbt, so daß, wenn man durch Aenderung der Lage des Blättchens das erste Bild successive und zu wiederholten Malen die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen läßt, das zweite stets entsprechende Aenderungen erleidet, und zwar dergestalt, daß in jedem Augenblicke die beiden gleichzeitig erscheinenden Farben durch ihre Vereinigung Weiß geben. Wenn man das Glimmerblättchen unverändert läßt und im Gegentheil das

worden war, der gelehrte Secretär der edinburger Gesellschaft wahrscheinlich einige Mühe haben dürfte, seine zweite Behauptung zu beweisen?

Prisma dreht, so werden die beiden Bilder allmälich ihre Farbe ändern und, wenigstens unter bestimmten Incidenzen, nach jeder Viertelumdrehung durch Weiß hindurchgehen; wenn man endlich das Glimmerblättchen eine ganze Umdrehung machen läßt, ohne den Winkel, den es mit den zurückgeworfenen Strahlen macht, zu ändern, so wird ein und dasselbe Bild viermal verschwinden.

„Es folgt hieraus, wie man sieht, daß die Blättchen des unter dem Namen des russischen Talks bekannten Glimmers, ebenso wie andere mit der Eigenschaft der Doppelbrechung begabte Substanzen, die Eigenschaft besitzen, die Lichtstrahlen, welche eine erste Reflexion schon modificirt hatte, zu depolarisiren, aber mit dem äußerst merkwürdigen Umstande, daß sie auf die Molecüle der verschiedenen Farben nicht in derselben Weise zu wirken scheinen; denn das zweite Bild ist im Augenblicke seines Wiedererscheinens nicht weiß. Wenn, wie man behauptet hat, die Eigenschaften der polarisirten Strahlen von der besonderen Anordnung der Axen der Molecüle, aus welchen sie bestehen, abhängen, so muß man annehmen, daß in einem durch den Einfluß eines isländischen Kalkspaths polarisirten Lichtstrahle die Axen der Molecüle der verschiedenen Farben unter einander parallel sind, während die Molecüle der verschiedenen Farben ihre Axen nach verschiedenen Richtungen hinwenden, wenn derselbe Strahl durch ein Glimmerblättchen gegangen ist.

„Malus hat zuerst entdeckt, daß die zwei Lichtbündel, welche ein Kalkspathrhomboeder in entgegengesetztem Sinne polarisirt hat, sich beim Auffallen auf Körper, die sie reflectiren, verschieden verhalten; durch Combination dieser Versuche mit denen, welche wir so eben berichtet haben, faßt Arago das vorstehende Resultat unter einem anderen Gesichtspunkte auf, mittelst dessen man sich eine genauere Vorstellung von der eigenthümlichen Modification machen kann, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch den Glimmer erleiden.

„Man lege z. B. irgend ein Glimmerblättchen horizontal, und lasse dann auf seine Oberfläche vertical von oben nach unten von einem Glasspiegel unter einer Neigung von etwa 35° reflectirte Strahlen fallen: so ist leicht zu sehen, daß die Strahlen aller Farben durch dasselbe hindurchgehen werden. Stellt man nun unterhalb desselben Blättchens einen zweiten nicht belegten Glasspiegel auf, der mit der Verticalen einen der Neigung des ersten Spiegels gegen diese Linie gleichen Winkel, aber in entgegengesetztem Sinne macht, so scheint es beim ersten Blicke, als ob dieser zweite Spiegel, der nur von dem weißen Lichte, welches die Glimmerplatte durchgelassen hat, beleuchtet ist, ungefärbt erscheinen müßte; prüft man indessen das von ihm reflectirte Licht, so wird man es sehr stark gefärbt finden. Man bemerkt ferner, daß, wenn man diesen untern Spiegel, ohne seinen Winkel gegen den Horizont zu ändern, dreht, der Lichtstrahl nicht constant dieselbe Farbe behält, obgleich das einfallende Licht ihn stets unter derselben Neigung trifft, sondern daß, von irgend einer

Die Erscheinungen, welche die senkrecht auf die Axe geschnittenen Platten darbieten, sind ebenfalls in meiner zuvor erwähnten Abhandlung von 1811 beschrieben worden.

Stelle aus gerechnet, nach jeder Viertelumdrehung der Spiegel die complementäre Farbe von derjenigen zurückwirft, die er zuerst reflectirte.

„Arago hat sich davon überzeugt, daß die Art der Farbe, welche ein Glimmerblättchen depolarisirt, von der Dicke des Blättchens abhängt; denn er hat auf einem und demselben Glimmerblättchen eine Stelle bezeichnen können, welche die blauen Strahlen depolarisirte; der angrenzende Theil färbte das zweite durchs Prisma erzeugte Bild gelb; weiterhin in derselben Richtung zeigte sich dieses Bild von Neuem mit blauer Farbe u. s. f.

„Man sieht hieraus, daß wenn sich die Dicke eines Blättchens sehr schnell und regelmäßig ändert, die Punkte, in denen dasselbe diese oder jene Art von Farben depolarisirt, einander sehr nahe liegen und fast gleichweit von einander abstehen werden; auch nimmt man unter diesen Umständen farbige Streifen wahr, die den von Newton in seiner Optik beschriebenen ganz ähnlich sind, aber aus einer ganz anderen Ursache hervorgehen.

„Der Verfasser berichtet dann über die Versuche, welche er zum Studium der Modificationen, die eine Veränderung der Neigung der Platten gegen die durch sie hindurchgehenden Strahlen in der Erzeugung der Farben hervorbringt, angestellt hat. Es folgt unter anderen Resultaten aus ihnen, daß man mit Hilfe eines bloßen dünnen Glimmerblättchens von dem weißen Lichte successive die verschieden gefärbten Strahlen, aus denen es besteht, trennen kann, und daß diese Methode vor allen denen, bei welchen man Prismen anwendet, den Vorzug hat, die Bilder der Objecte in keiner Weise zu verzerren.

„Unter übrigens gleichen Umständen wird die Fähigkeit der Glimmerblättchen, die verschieden gefärbten Strahlen verschieden zu depolarisiren, schwächer, wenn ihre Dicke sich verringert; und Arago hat sich überzeugt, daß man zu einem solchen Grade der Feinheit gelangen kann, daß die Blättchen nicht allein keine Farben zeigen, sondern daß sie sogar keinen einzigen weißen Lichtstrahl depolarisiren, wenn ihre Ebene auf der Polarisationsebene der Strahlen senkrecht ist.

„Die Gypsblättchen besitzen dieselben Eigenschaften wie der Glimmer; da aber die Farben bei jener ersten Substanz viel lebhafter sind, so hat sich Arago ihrer bedient, um die Natur derjenigen Farben zu untersuchen, welche man bei der Beleuchtung derselben mit nicht polarisirten Strahlen wahrnimmt. Die Grenzen, die wir in diesem Auszuge einzuhalten gezwungen sind, gestatten nicht das Detail der Versuche mitzutheilen; wir begnügen uns mit der Bemerkung, daß aus ihnen z. B. unzweifelhaft hervorgeht, daß nicht blos in der Veränderung der Dicke dieser Blättchen die Ursache der Farbe zu suchen ist, wie man bisher glaubte; denn dreht man die Blättchen in ihrer eigenen Ebene, ohne den Winkel der Strahlen mit ihrer

Die Regel, nach welcher (S. 288) die Ablenkung der Pole sowohl in Betreff der eigenthümlichen Farbe jedes Lichtmoleculs als

---

Oberfläche zu verändern, so gehen die Farben nach jeder Viertelumdrehung durch Weiß hindurch, und nehmen in den Zwischenlagen verschiedene Nüancen an.

„Die Eigenschaft, die verschieden gefärbten Lichtstrahlen auf verschiedene Weise zu depolarisiren, kommt nicht ausschließlich den dünnen lamellenartigen Körpern zu; denn Arago berichtet in seiner Abhandlung über eine Reihe von Untersuchungen, welche er mit wohl polirten Bergkrystallplatten von mehr als 6 Millimeter Dicke angestellt hat, die den vorhergehenden ganz analoge Erscheinungen hervorbrachten.

„Man überzeugt sich zuerst, daß eine sehr regelmäßig geschliffene Krystallplatte in keiner Weise die directen Strahlen modificirt, indem man sie vor das Objectiv eines Prismenfernrohrs bringt; denn die beiden Bilder sind weiß, von gleicher Intensität und ebenso scharf begrenzt, als ob der Krystall nicht da wäre. Wenn man dann das Prismenfernrohr auf ein von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirtes Bild, z. B. der Sonne richtet, so findet man bald, daß man, wenn die Axe einen Winkel von ungefähr 35° mit der Oberfläche des Spiegels macht, in gewissen Lagen des inneren Prismas nur eine der Scheiben wahrnimmt; bringt man unmittelbar darauf die Bergkrystallplatte vor das Objectiv, so sieht man das zweite Bild wieder erscheinen, aber mit einer lebhaft rothen Farbe. Im Momente dieses Wiedererscheinens zeigt sich das erste Bild, das zuvor weiß war, mit der Complementärfarbe des Roth; übrigens sind die Ränder der beiden Sonnenbilder ganz eben so scharf, als wenn man sie direct beobachtete. Wenn man die Krystallplatte in derselben Lage läßt und das Prismenfernrohr dreht, so bemerkt man, daß während jeder halben Umdrehung beide Bilder die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen, so daß das rothe Sonnenbild successive orange, gelb, grünlichgelb, bläulichgrün, blau und violett wird; das Fernrohr hat dann eine halbe Umdrehung vollendet; setzt man die Drehung in demselben Sinne fort, so geht das violette Bild in Roth, Orange u. s. w. über, während das zweite Bild seinerseits die zu den genannten Nüancen complementären Farben durchläuft. Läßt man das Prismenfernrohr unbewegt, so führt die Bewegung des Krystalls in seiner Ebene keine Veränderung in den Farben der beiden Bilder herbei; wenn man aber den Versuch mit einer Platte aus Glimmer oder Gyps machte, so würde man ein und dasselbe Bild bei jeder Viertelumdrehung verschwinden sehen. Man erhält übrigens den vorhergehenden ganz analoge Resultate, wenn man sich statt der durch Reflexion auf einem Glasspiegel polarisirten Strahlen, solcher Lichtbündel bedient, welche durch die Einwirkung eines Rhomboeders von isländischem Kalkspathe modificirt sind, was ein neuer Beweis für ihre vollständige Identität ist. Mit dem Prismenfernrohre hat man zuerst den Vortheil lebhaftere Farben zu erhalten. Da die zwei Bilder scharf begrenzt sind, so ist ferner dadurch bewiesen, daß die Strahlen bei ihrer Depolarisation keine ungleiche Dispersion erlitten haben, wie man hätte vermuthen können. Da

auch der mehr oder minder beträchtlichen Dicken der von diesen Molecülen durchlaufenen Platten erfolgt, rührt von Biot her. Seine Ab-

---

die Strahlen auf das innere Prisma erst nach dem Durchgange durch die verschieden gekrümmten Gläser, welche das Objectiv bilden, fallen, so folgt hieraus weiter, daß diese Strahlen in dem Krystalle eine bleibende Veränderung erlitten haben. Endlich bietet diese Methode ein Mittel zu beweisen, daß die Farben der beiden Bilder ganz genau complementär gefärbt sind. Es genügt zu diesem Zwecke, die Sonnenbilder nur zur Hälfte auseinander treten zu lassen; dann bleibt der beiden Bildern gemeinschaftliche Theil während einer ganzen Umdrehung des Fernrohrs vollständig weiß, während die beiden Segmente, welche diesen Theil begrenzen, zu zwei verschiedenen Malen die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen. Arago zeigt in seiner Abhandlung, welchen Nutzen man aus dieser Bemerkung ziehen kann, um die Intensitäten der verschiedenen Theile der Sonnenscheibe zu vergleichen.

„Die Bergkrystallplatte wirkt auf die Molecüle der verschiedenen Farben nur dann in verschiedener Weise, wenn sie von den Strahlen unter Incidenzen getroffen wird, die von der senkrechten wenig entfernt sind; denn wenn man die Ebene der Platte immer rechtwinklig auf der Ebene, welche die reflectirten Strahlen enthält, läßt und sie allmälich neigt, so kommt man bald auf eine Lage, in welcher man nur ein Bild wahrnimmt; es ist selbst möglich den Krystall so zu stellen, daß er das Licht vollständig depolarisirt, indem er in derselben Weise auf die Molecüle aller verschiedenen Farben, aus denen der weiße Strahl zusammengesetzt ist, wirkt.

„Obgleich diese letzten Versuche zeigten, daß die Phänomene, welche der Bergkrystall darbietet, nicht von der Lage in seiner eigenen Ebene abhängen, während beim Glimmer und Gyps die Lage des Hauptschnittes einen ganz bestimmten Einfluß auf die Erscheinung des zweiten Bildes hatte, war es doch interessant zu untersuchen, ob die Eigenschaft, die verschieden gefärbten Strahlen in verschiedener Weise zu polarisiren, den krystallisirten Substanzen ausschließlich zukäme. Arago gibt in seiner Abhandlung an, daß er nichtkrystallisirte Körper gefunden hat, welche dieselbe Eigenschaft in mehr oder weniger auffallendem Grade besitzen. Die von ihm angeführten Versuche sind mit einer etwas prismatischen Flintglasplatte von 85mm Seite angestellt worden, die in allen ihren Punkten die Strahlen depolarisirt. Arago gibt folgende Methode an, um sich davon zu überzeugen:

„Betrachtet man irgend ein Object durch zwei doppeltbrechende Prismen, so bemerkt man bekanntlich vier Bilder, ausgenommen in den Stellungen, wo ihre Hauptschnitte zu einander parallel oder senkrecht sind, mögen die Strahlen aus dem ersten Prisma unmittelbar in das zweite übergehen, oder mögen sie zwischen beiden durch eine beliebige Anzahl durchsichtiger, nicht doppeltbrechender Mittel hindurchgehen. Wenn man jedoch die eben erwähnte Flintglasplatte dazwischen stellt, so sieht man, daß diese Regel nicht allgemein ist; denn man bemerkt sogleich vier Bilder; an einigen Stellen sind sie respective complementär gefärbt; an anderen,

handlung wurde im September 1818 im Institut gelesen und bald darauf gedruckt.

---

und dies ist der häufigere Fall, sind die Bilder vollkommen weiß. Uebrigens verhält sich die Platte stets so, als ob sie krystallisirt wäre, weil die zwei neuen Bilder bei jeder Viertelumdrehung der Platte verschwinden, vorausgesetzt jedoch, daß man die Strahlen immer genau durch denselben Theil der Platte gehen läßt; denn man findet nicht selten zwei dicht neben einander liegende Stellen, deren Axen nicht parallel zu sein scheinen.

„Man sieht hieraus, daß dieses Wiedererscheinen der Bilder, welches ein bequemes Mittel darzubieten schien, um gleichzeitig das Vorhandensein einer Doppelbrechung in krystallisirten Substanzen und die Richtung ihrer Axen zu erkennen, kein ganz sicheres Kennzeichen liefert, da ein Stück Flintglas, welches nicht doppelt bricht, denselben Bedingungen genügt.

„Arago, der im letzten Februar der mathematisch-physischen Classe eine Abhandlung über die gewöhnlichen farbigen Ringe vorgelegt hatte, beschreibt im letzten Abschnitte des Aufsatzes, dessen Analyse wir jetzt geben, eine neue Art von hellen Streifen, die man unter gewissen Umständen selbst auf sehr dicken Platten einiger krystallinischer Körper gut sichtbar machen kann.

„Die Farben, von denen wir im Vorhergehenden gesprochen haben, als wir uns mit dem Bergkrystalle beschäftigten, erscheinen nicht auf allen Platten dieser Substanz, weil sie einen besonderen Zustand in den Schichten, die den Krystall bilden, zu verlangen scheinen. Die Streifen, um die es sich jetzt handelt, werden in allen Bruchstücken von Bergkrystall deutlich wahrgenommen, wenn man sie mit polarisirtem Lichte beleuchtet, unter der Voraussetzung, daß ihre Dicke nicht constant ist; in einer Linse sind sie kreisförmig; in einem Prisma erscheinen sie parallel der Kante, in welcher seine beiden Flächen zusammenstoßen, in der Weise daß ihre Gestalt immer von der des Mittels abhängt. Für gewisse Krümmungen der Linse sind die Ringe selbst dem unbewaffneten Auge sehr deutlich; in anderen Fällen muß man, um sie wahrzunehmen, nothwendig ein stark zerstreuendes Prisma zu Hülfe nehmen; das beste Mittel übrigens, um sie auffällig zu machen, besteht darin, die Platte durch ein Kalkspathprisma zu betrachten; denn man sieht dann jedes Bild mit einer schönen Reihe complementär gefärbter Streifen umsäumt; dieser einzige Umstand schon würde beweisen, daß diese Ringe aus den successiven Depolarisationen der Strahlen in den verschiedenen Dicken der Platten hervorgehen. Noch besser wird dies aber dadurch bewiesen, daß die Ringe, auf welche Weise man sie auch untersuchen möge, in vier aufeinander rechtwinkligen Lagen des Mittels, in welchem sie gebildet werden, verschwinden.

„Die Grenzen, welche wir einzuhalten gezwungen sind, nöthigen uns zum Uebergehen mehrerer anderer Beobachtungen, die der Verfasser im Detail angibt und die sich besonders auf diese letzte Frage beziehen; wir beschließen daher, um alle diese

John Herschel ist der Urheber der interessanten im 10. Kapitel (S. 290) über die plagiedrischen Krystalle angeführten Beobachtung. (Transactions of the philosophical Society of Cambridge, 1. Bd.)

Resultate unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte darzulegen, diesen Auszug mit dem Résumé, welches Arago an das Ende seiner Abhandlung gestellt hat:

„Ein Strahlenbündel directen Lichtes theilt sich bei seinem Durchgange durch ein Kalkspathrhomboeder, wie Erasmus Bartholin zuerst beobachtet hat, in zwei weiße Bündel von gleicher Intensität.

„Unterwirft man das Licht, woraus jedes dieser Bündel besteht, der Einwirkung eines zweiten Kalkspathrhomboeders, so findet man, daß es nicht mehr dem directen Lichte gleicht, weil es in gewissen Lagen des Hauptschnittes des zweiten Krystalles keine Doppelbrechung mehr erleidet. Die Entdeckung dieser merkwürdigen Erscheinung verdanken wir Huygens.

„Malus hat seitdem gefunden, daß die Lichtstrahlen bei ihrer Zurückwerfung von durchsichtigen Körpern in analoger Weise modificirt werden, so daß ein unter einem gewissen Winkel reflectirter Strahl vollständig dem Lichte gleicht, welches durch ein Kalkspathrhomboeder hindurchgegangen ist.

„Aus den von uns berichteten Versuchen sieht man endlich, daß man außerdem dem Strahle eine solche Modification ertheilen kann, daß er weder dem directen Lichte, noch dem gewöhnlichen polarisirten Strahle gleicht; dieser neue Strahl unterscheidet sich von dem polarisirten Lichte dadurch, daß er stets zwei Bilder gibt, und von dem gewöhnlichen Lichte durch die Eigenschaft, stets zwei complementär gefärbte Bilder zu liefern, deren Farben von der Lage des Körpers, durch welchen der Strahl gegangen ist, abhängen.

„Fällt ein Bündel directen Lichtes auf einen durchsichtigen Körper, so erleidet ein Theil seiner Molecüle die partielle Reflexion; ein polarisirter Strahl wird, von der Absorption abgesehen, gänzlich durchgelassen, wenn der durchsichtige Körper in einer gewissen Weise in Bezug auf die Seiten des Strahles gestellt ist. Die verschiedenfarbigen Molecüle, aus denen ein weißer Strahl besteht, werden, wenn der Strahl die eigenthümliche Modification, um die es sich hier handelt, erlitten hat, nur successive nach einander in der Reihenfolge ihrer Farben zurückgeworfen, während der durchsichtige Körper sich um den Strahl dreht und dabei stets denselben Winkel mit ihm bildet.

„Wenn demnach ein Bündel directen Lichtes unter einem Winkel von ungefähr 35° auf einen Glasspiegel fällt, und man diesen Spiegel ohne den Winkel von 35° zu ändern, um das Bündel dreht, so wird man finden, daß die Menge des zurückgeworfenen oder des durchgelassenen Lichtes in allen Lagen dieselbe ist; ist aber das Strahlenbündel bereits polarisirt, so gibt es zwei Lagen, in denen der Körper vollständig durchsichtig erscheint. Nehmen wir endlich den Fall, daß, während alle übrigen Umstände dieselben bleiben, ein durch eine Bergkrystallplatte modificir-

Die Ausdehnung der Eigenschaften der senkrecht auf die Axe geschnittenen Krystalle auf die Schichten gewisser Flüssigkeiten (S. 289), wurde 1815 von Biot gemacht.

§. 9. — Entdeckung der Gesetze der Depolarisation durch krystallisirte mit der Axe parallele Blättchen. — Untersuchungen und Experimente von Fresnel, Arago, Biot, Herschel und Thomas Young.

Die Gesetze der Depolarisation (Kap. 9, S. 291), welche die mit der Axe parallelen Krystallblättchen bewirken, reduciren sich auf folgende drei:

1) Die Drehung des Blättchens in seiner Ebene ändert die Farben der von einem Rhomboeder gelieferten Bilder nicht.

Dies Resultat ist implicite in meiner ersten Abhandlung enthalten, weil bei der Angabe aller Bewegungen, welche Aenderungen in den Farben hervorrufen, die des Blättchen in seiner eigenen Ebene sich nicht erwähnt findet.

2) Die Farben der beiden Bilder sind die der reflectirten und durchgelassenen farbigen Ringe Newton's.

Dies Gesetz ist von Biot aufgestellt worden. Herschel hat gezeigt, daß es nicht allgemein ist; es hat also keinen Werth mehr.

---

tes Lichtbündel auf den Glasspiegel fällt, so wird es successive während jeder halben Umdrehung mit der ganzen Reihe der prismatischen Farben gefärbt erscheinen, sowohl bei der Zurückwerfung als bei der Brechung, und zwar mit der Eigenthümlichkeit, daß in demselben Augenblicke diese beiden Klassen von Farben stets complementär sind.

„Die im Vorstehenden berichteten Versuche beweisen ferner, daß sich auf krystallisirten Substanzen farbige Ringe bilden, die nicht blos von den Aenderungen der Dicke abhängen, wie die von Newton beschriebenen farbigen Ringe; diese letzteren zeigen sich nämlich auf jedem sehr dünnen Körper, dessen Dicke sich ganz allmälich verändert, wie auch die Natur des einfallenden Lichtes beschaffen sein möge; die anderen aber erscheinen nur auf ziemlich dicken Bergkrystallplatten, wenn sie von schon polarisirtem Lichte beleuchtet werden; auch verschwinden sie viermal während einer vollständigen Umdrehung der Platte.

„Endlich sieht man, daß, weil die oben erwähnte Flintglasplatte die Bilder nicht verdoppelt, Körper existiren, die zwar keine Doppelbrechung besitzen, aber sich doch in Bezug auf die polarisirten Strahlen so verhalten, als ob sie mit dieser Eigenthümlichkeit begabt wären.“

3) In einem Krystalle von veränderlicher Dicke wiederholen sich dieselben Depolarisationserscheinungen bei Dicken, welche zunehmen, wie die Dicken der farbigen Ringe Newton's.

Wenn man mit einem Rhomboeder einen passend geschnittenen Krystall, dessen beide Flächen einen Winkel bilden, und der sich auf einen Grund von polarisirtem Lichte projicirt, untersucht, so erscheint jedes Bild von regelmäßigen mit der Kante des Prismas parallelen und von einander gleichweit abstehenden Streifen eingefaßt. Als ich dies Phänomen beschrieb, stellte ich es als einen genügenden Beweis des dritten Gesetzes hin. Die Akademie der Wissenschaften und besonders Laplace erkannten diese Demonstration nicht an. Man forderte directe Messungen der Dicken; Rumford, der in der Sitzung zugegen war, bot ein Instrument an, das von ihm zu andern Zwecken benutzt worden war und eine hinreichende Genauigkeit zu versprechen schien; man schlug auch den gewöhnlichen Comparateur vor. Infolge dieser Aufforderungen schickte ich mich an, neue Versuche anzustellen; Biot aber kam mir zuvor. Diesem letztern Physiker gehört also der Beweis des Gesetzes über die Dicken.

4) Die Farben, womit jedes Bild glänzt, können nach den Interferenzgesetzen berechnet werden, wenn man die Differenz der von dem regelmäßigen und unregelmäßigen Strahle durchlaufenen Wege in Betracht zieht.

Diese wichtige Bemerkung verdankt man Thomas Young, der sie im Quaterly Review, Jahrgang 1814, Bd. 11, S. 42 bis 49 veröffentlicht hat.

Sie hat den wahren Schlüssel zur Erklärung dieser Phänomene gegeben.

Es ist indeß gerecht, zu bemerken, daß der berühmte englische Physiker nicht erklärt hatte, weder unter welchen Umständen die Interferenz der Strahlen eintreten kann, noch warum man nur Farben sieht, wenn man die Krystallblättchen mit polarisirtem Lichte beleuchtet u. s. w. Die neuen Eigenschaften, welche mit den gewöhnlichen Interferenzgesetzen combinirt werden mußten, um eine vollständige Erklärung der Thatsachen zu erhalten, sind, wie man im 7. Paragraphen (S. 316) gesehen hat, von Arago und Fresnel entdeckt worden. Die Abhand-

lungen, in denen Fresnel die auf solche Weise aus einer einzigen Ursache hergeleitete Erklärung gegeben hat, sind vom Jahre 1816 und 1818.

Die scharfsinnigen und feinen Versuche, die ich (Kap. 11, S. 292 bis 305) in der Kritik der Theorie der beweglichen Polarisation benutzt habe, rühren von meinem berühmten Freunde Fresnel her, einem der Physiker unseres Zeitalters, welche Erfindungsgabe und experimentelles Geschick im höchsten Grade vereinigen. Ebenso hat Fresnel die am Ende des 11. Kapitels befindlichen Formeln gegeben.

§. 10. — Entdeckung der circularen Polarisation durch Fresnel.

Die Phänomene der circularen Polarisation (Kap. 12, S. 307 bis 310) sind von Fresnel entdeckt worden, der sie in einer im November 1817 vor der Akademie gelesenen Abhandlung und in einem im Januar 1818 vorgelegten Supplemente beschrieben und analysirt hat. Die letzten Untersuchungen des Verfassers über diesen Gegenstand sind in das Bulletin de la Société philomatique, December 1822 und Februar 1823, aufgenommen worden.

Vierzehntes Kapitel.*)

Einzelne Beobachtungen. — Neue auf die Eigenschaften des polarisirten Lichtes gegründete Instrumente.

§. 1. — Von der durch sehr dünne Blättchen erzeugten Polarisation.

Wir haben früher gesehen, daß sowohl der von einem Glasspiegel durchgelassene als auch der von ihm reflectirte Theil eines Lichtbündels polarisirt ist, und zwar in zwei auf einander senkrechten Richtungen. Mit dem Lichte, das sich zwischen zwei Glaslinsen zerlegt, um daselbst die farbigen Ringe zu bilden, mit denen sich Newton so viel beschäftigt

---

*) Dieses Kapitel findet sich nicht in der englischen Uebersetzung des Artikels Polarisation in der Encyclopaedia britannica. Die Paragraphen 1, 2, 7 und 8 sind im Jahre 1824 geschrieben; die übrigen sind später zu verschiedenen Zeiten hinzugefügt worden.

hat, verhält es sich aber nicht ebenso. Analysirt man mittelst eines Kalkspathrhomboeders das Licht der durchgelassenen Ringe, so findet man es in demselben Sinne polarisirt, wie das der reflectirten.

Welches auch der Einfallswinkel sein möge, stets erhält man, wenn das directe Licht nur durch eine einzige Glasplatte hindurchgeht, nur eine partielle Polarisation, während unter dem Winkel von ungefähr 35° das Licht der durchgelassenen Ringe vollständig polarisirt ist.

Diese Erscheinungen würden mit der Emissionstheorie sehr schwer in Einklang zu bringen sein; sie sind dagegen eine nothwendige Folgerung aus der Hypothese, daß eine in dem dünnen Blättchen zwei Mal reflectirte Welle zur Bildung der durchgelassenen Ringe beiträgt; sie scheinen sogar als ein überzeugender Beweis der Lehre von den Interferenzen betrachtet werden zu können; aus diesem Gesichtspunkte habe ich geglaubt, ihnen diesen Paragraph widmen zu müssen.

§. 2. — Von der Polarisation des Lichtes der Atmosphäre.*)

Das atmosphärische Licht, welches die blaue Farbe des Himmels bildet, ist partiell polarisirt.

In der Nähe der Sonne ist diese Polarisation kaum merklich; in dem Maaße, als man sich von diesem Gestirn entfernt, nimmt sie allmälich zu, und erreicht ihr Maximum, wenn die Winkeldistanz 90° beträgt.

Wenn ein reflectirter Lichtstrahl mit dem directen einen Winkel von 90° bildet, so hat dieser letztere Strahl den reflectirenden Spiegel unter einem halben rechten Winkel treffen müssen. 45° ist also für die Atmosphäre die Neigung, welche dem Polarisationsmaximum entspricht.

Dies Resultat ist als ein Beweis zur Stütze des im 6. Kapitel S. 263 angeführten Gesetzes dargestellt worden; man hätte aber bedenken sollen, einerseits daß in der Atmosphäre nur eine partielle Polarisation vorhanden ist, während das erwähnte Gesetz sich auf vollständige Polarisationen bezieht, und andererseits, daß die Reflexion,

*) Ueber die Zeit der Entdeckung einiger der in diesem Paragraphen erwähnten Phänomene vergl. den Anhang.

welche die Sonnenstrahlen in einer Richtung ins Auge führt, die einen Winkel von 90° mit den directen Strahlen macht, an den Molecülen und nicht an den atmosphärischen Schichten hat erfolgen müssen; bei der Unkenntniß, worin wir uns über die Dichtigkeit dieser Molecüle befinden, läßt sich die Erscheinung der atmosphärischen Polarisation in keiner Weise mit derjenigen verknüpfen, welche die durchsichtigen Spiegel darbieten und behält einen besondern Character.

Einige neue Eigenthümlichkeiten, die ich jetzt erwähnen will, scheinen mir übrigens der Aufzeichnung nicht unwerth.

Gesetzt, wir untersuchen am Abend die Polarisation des atmosphärischen Lichtes in der ganzen Erstreckung einer durch die Sonne gehenden verticalen Ebene. Wie bereits bemerkt, nimmt die Intensität der Polarisation allmälich zu, wenn der Visirpunkt sich von der Sonne von Westen nach Osten entfernt; das Maximum tritt bei 90° ein; weiterhin wird die Polarisation immer weniger und weniger auffällig; bald erreicht man einen Punkt, wo man keine Spur von Polarisation mehr wahrnimmt. Ueber diesen neutralen Punkt hinaus ist das Licht von Neuem polarisirt, aber negativ, oder mit andern Worten, rechtwinklig auf seine frühere Polarisationsrichtung. Wenn das von einem Rhomboeder gelieferte regelmäßige Bild von der Sonne bis zu dem neutralen Punkte hin am stärksten war, so wird über diesen Punkt hinaus das unregelmäßige Bild dieselbe Eigenschaft besitzen.

Alle diese Phänomene sind selbst nach dem Untergange der Sonne sichtbar. In dem Maaße als dies Gestirn unter den Horizont sinkt, erhebt sich der neutrale Punkt mit solcher Regelmäßigkeit über diese Ebene, daß man durch die Bestimmung seines Ortes ziemlich genau den der Sonne selbst herleiten kann. Dies ist, wie mir scheint, ein Beachtung verdienendes Resultat.

§. 3. — Polaruhr.

Die Polaruhr ist ein optisches Instrument, welches durch die Beobachtung der Polarisationsebene, die das Licht des blauen Himmels in der Richtung des Pols besitzt, die Stunde anzeigen soll. Sie gründet sich auf das von mir entdeckte Princip, daß das Licht an einem beliebigen Punkte des Himmels in der Ebene polarisirt ist, welche durch

das Auge des Beobachters und durch die Sonne geht; woraus sich ergibt, daß wenn der Beobachter stets nach dem Nordpol visirt, die Polarisationsebene in jedem Augenblicke mit dem Stundenkreise des Beobachtungsortes zusammenfällt.

Die Idee, die Farbenänderungen der Segmente des in einer gegebenen Richtung auf den heitern Himmel gerichteten Polariskops zur Bestimmung der Stunde zu benutzen, die Idee, eine Farbenuhr zu machen, geht bis zum Jahre 1816 zurück. In dieser Zeit unterhielt ich mich mehrere Male mit A. von Humboldt darüber; da ich indeß meines Wissens über diesen Gegenstand Nichts veröffentlicht habe, so gebührt die Ehre der Construction der Polaruhr, wie ich bereitwilligst und rückhaltslos anerkenne, ausschließlich Wheatstone, der 1849 der pariser Akademie der Wissenschaften eine von Soleil ausgeführte Polaruhr vorgelegt hat. Uebrigens unterliegt die Methode, abgesehen von den mit der Beobachtung der Farben verknüpften Unsicherheiten, sehr ernstlichen Bedenken, welche von der Art und Weise herrühren, wie die vielfachen Reflexionen die einfachen Gesetze der atmosphärischen Polarisation modificiren, wenn der Himmel partiell bedeckt ist.

Bei dieser Gelegenheit will ich an einen sehr interessanten Fall von Farbenänderung erinnern, der dadurch sehr auffallend ist, daß dieselbe auf gewissen Körpern bei heiterm Himmel mit bloßen Augen ohne Dazwischenkunft irgend eines Krystalles wahrgenommen wird.

Man lege einen dieser Körper (ich habe das Mittel zu ihrer Herstellung angegeben) in der Weise, daß er beim Untergange der Sonne z. B. zwischen die Sonne und den Punkt des Untergangs gestellt ist. Wir wollen annehmen, dieser Körper sei grün. Er wird gleichfalls grün erscheinen, wenn man, ohne an den relativen Stellungen des Auges und des Körpers etwas zu ändern, sich nach Osten wendet. Wenn man zu derselben Zeit, während Alles in Bezug auf die Lage und auf die Neigung des Gesichtsstrahls in demselben Zustande bleibt, den Körper in der Richtung nach Süd oder nach Nord betrachtet, so wird er lebhaft roth erscheinen. In den intermediären Richtungen sind die Farben des Körpers Gemenge von Roth und Grün, in denen diese beiden Strahlenarten nach einander vorwalten.

§. 4. — Modificationen, welche die Polarisation in den Absorptionserscheinungen herbeiführt.

Beim Durchgange durch alle bekannten durchsichtigen Körper erleidet das Licht eine mehr oder minder beträchtliche Absorption, welche die Physiker zu messen versucht haben, ohne aber bis jetzt eine genügende Theorie darüber geben zu können. Nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse ist die Absorption vielleicht die wenigst gut erklärte Thatsache der ganzen Optik.

Jedermann weiß, daß das weiße Licht sich beim Durchgange durch eine große Zahl von festen und flüssigen Medien stark färbt; es ist in diesem Falle klar, daß ein Theil der Strahlen, aus denen jenes Licht ursprünglich zusammengesetzt war, bei seinem Durchgange durch die Molecüle des Körpers aufgehalten werden mußte. Wenn die Strahlen, welche in dem durchgelassenen Bündel fehlen, sich in dem reflectirten Bündel fänden, so würde das Phänomen leicht mit dem der farbigen Ringe in Beziehung zu setzen sein; leider ist dem aber nicht so, und um sich davon zu überzeugen, genügt die Bemerkung, daß die farbigen Mittel oft im reflectirten und im durchgehenden Lichte dieselbe Farbe zeigen. Es ist also Licht verloren gegangen, aber wie? Wollte man sagen, es wäre absorbirt worden, so hieße dies nur ein Wort durch das andere ersetzen! Nach einigen Schriftstellern ist das verlorene Licht dasjenige, welches die materiellen Molecüle des Körpers getroffen hat; der andere Theil ist in den Zwischenräumen durchgegangen; man erkläre aber nach dieser Hypothese, wie es z. B. zugeht, daß gewisse blaue Gläser gleichzeitig Strahlen absorbiren, die in dem Spectrum die Mitte des Roth, des Orange, den größten Theil des Gelb, die Mitte des Blau, das Indigo einnehmen, während alle zwischenliegenden Nüancen frei hindurch gehen. Durch welchen sonderbaren Zufall sollten die materiellen Molecüle den Weg eines gewissen rothen Strahles versperrt, dagegen in keiner Weise den Durchgang der Strahlen von derselben Farbe, die nur etwas mehr oder weniger brechbar sind, behelligt haben?

Man begegnet nicht mindern Schwierigkeiten, wenn man mit mehreren ausgezeichneten Physikern annimmt, daß die Absorption ein

chemisches Phänomen sei, das ebenso wie die andern Phänomene dieser Art von der mehr oder minder starken Einwirkung abhinge, welche die Materie des Körpers auf die verschiedenen Arten von Molecülen, aus denen das weiße Licht zusammengesetzt ist, ausüben soll; es gibt nämlich krystallinische Substanzen, welche beim Durchgange des Lichtes in einer bestimmten Richtung eine gewisse besondere Farbe zeigen, während eine ganz davon verschiedene wahrgenommen wird, wenn die Strahlen in einer andern Richtung hindurchgehen. Aus ihrer Zahl will ich vorzugsweise das merkwürdige von Wollaston 1804 entdeckte Doppelsalz aus Chlorkalium und Chlorpalladium erwähnen, das parallel mit der Axe des vierseitigen Prismas, in welchem es krystallisirt, ein intensives Roth, und in einer darauf senkrechten Richtung ein sehr lebhaftes Grün zeigt. Ich will auch noch den Dichroit oder Jolith, ein Tripelsilicat von Thonerde, Magnesia und Eisenoxydul, anführen, der in der Richtung der Axe schön blau und senkrecht auf diese Linie gelblich grau ist.

Die Erscheinungen, von denen ich jetzt reden will, sind noch eigenthümlicher, und compliciren, wenn es möglich ist, die Frage der Absorption noch mehr; bei ihnen wird nämlich die Farbe des durchgelassenen Bündels sich ändern, obgleich der Körper den einfallenden Strahlen dieselben Flächen unter denselben Neigungen darbietet. Um dies Resultat herbeizuführen, reicht es hin, die Orientirung der Eintrittsfläche zu ändern, sie in ihrer eigenen Ebene zu drehen, die Kante, welche nach links neigte, nach rechts zu bringen u. s. w.

Man hat gefunden, daß in manchen Stücken von doppeltbrechenden Krystallen die Absorption sowohl durch die Art der Polarisation, welche das einfallende Bündel erhalten hat, als auch durch die Lage der Axe des Krystalles merklich modificirt wird. Ich will diese interessanten Erscheinungen so kurz, als es mir möglich sein wird, hier beschreiben.

Gewisse Krystalle von Schwerspath haben eine ziemlich merkliche violette Färbung. Wir zerschneiden einen solchen in einer gewissen Richtung, schleifen zwei parallele Flächen an, und lassen dann ein weißes polarisirtes Lichtbündel in einer auf diese beiden künstlichen Flächen senkrechten Richtung durch den Krystall hindurchgehen. Das

Licht war bei seinem Eintritte weiß; es wird vielleicht mit einer violetten Färbung austreten. Soweit bietet der Versuch nichts Merkwürdiges dar; jedes violette Glas würde dieselbe Wirkung hervorgerufen haben. Drehte man aber dieses Glas in seiner Ebene, so würde daraus weder in der Beschaffenheit noch in der Intensität der durchgelassenen Farbe eine Aenderung hervorgehen, während eine analoge Bewegung des Krystalles, wobei Ein- und Austrittsfläche auf dem einfallenden Bündel stets senkrecht bleiben, eine totale Veränderung in der Farbe des einfallenden Bündels hervorbringen wird. Wenn also dies Bündel, wie angenommen, zuerst violett war, so wird es gelblich grün, wenn der Krystall 90° um sich selbst gedreht worden ist.

Man wird das Seltsame dieser Erscheinung vollständig erkennen, wenn man bedenkt, daß in den beiden rechtwinkligen Lagen des Krystalles das Lichtbündel auf seinem Wege von der ersten Fläche zur zweiten dieselben materiellen Molecüle angetroffen hat; daß die Stellung dieser Molecüle in Bezug auf die ursprüngliche Polarisationsebene, da sie allein geändert worden ist, auch allein die Aenderung in der Farbe des durchgelassenen Bündels veranlaßt haben kann.

Aus diesen Versuchen folgt, daß ein Bündel directen Lichtes, das man durch gewisse Schwerspathkrystalle hindurchgehen läßt, sich in einem Kalkspathrhomboeder nicht mehr in zwei ähnliche Bilder von gleicher Intensität zerlegen darf; und in der That ist das eine der Bilder violett und das andere grünlich gelb.

Weil in einer bestimmten Lage des Schwerspathkrystalles die durch ihn hindurchgehenden Strahlen, wenn sie in verschiedenen Ebenen polarisirt sind, nicht gleiche Absorptionen erleiden, so müssen die beiden Bündel, in welche sich bei seinem Eintritte in den Krystall das Licht theilt, bei ihrem Austreten ungleiche Intensitäten und Färbungen zeigen. Es ist jetzt also nicht mehr erlaubt zu sagen, daß jeder doppeltbrechende Krystall das natürliche Licht in zwei Bilder von gleicher Intensität zerlege.

Da nur die gefärbten mit Doppelbrechung begabten Krystalle die zuvor erwähnten besonderen Eigenschaften besitzen, so lag der Gedanke nahe, daß man durch Flächen, welche auf der Axe senkrecht stehen, nichts Aehnliches beobachten würde; der Versuch hat diese Ver-

muthung bestätigt. Man weiß noch nicht recht, nach welchem Gesetze die Farben variiren, wenn man allmälich von den mit der Axe parallelen Schnitten zu den auf der Axe senkrechten übergeht.

§. 5. — Polarisation durch Brechung des Lichtes, das die Körper sichtbar macht. — Eigene Farbe der Körper. — Cyanometrie.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der farbigen Polarisation erkannte ich, daß die Strahlen, welche die Körper sichtbar machen, aus ihrem Innern kommen; sie sind nämlich durch Brechung polarisirt; diese Thatsache ist einige zwanzig Jahre später von deutschen Physikern als eine Entdeckung publicirt worden. Ich habe keine Reclamation erhoben, theils weil ich von ihren Abhandlungen keine genügende Kenntniß hatte, theils weil ich, obgleich meine Beobachtungen in allen Lehrcursen der Physik in Paris bekannt waren und gelehrt wurden, glaubte, daß ich aus Nachlässigkeit meine Beobachtung zu publiciren vergessen hätte; indeß habe ich gefunden, daß das Zeugniß einer Veröffentlichung mir nicht fehlte. Im 4. Bande der Annales de chimie vom Jahre 1817 habe ich nämlich S. 98 folgende Stelle geschrieben*):

„Die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper bilden, kommen aus ihrem Innern. Ein Beweis dafür scheint besonders darin zu liegen, daß sie unter allen Neigungen wie durchgelassenes Licht polarisirt sind, wie ich sogar für die Farbe der Metalle gefunden habe."

In derselben Notiz in den Annales de chimie et de physique benutzte ich zu cyanometrischen Messungen das reflectirte Licht anstatt des durch eine Säule von Glasplatten hindurchgegangenen Lichtes, wie ich es seitdem angewandt habe.

Ich beharre bei der von mir gemachten Beobachtung, daß die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper, selbst die der Metalle, bilden, aus ihrem Innern stammen, weil diese Strahlen durch Brechung polarisirt sind.

---

*) Die Notiz des 4. Bandes der zweiten Serie der Annales de chimie et de physique ist in den nachfolgenden Anhang aufgenommen worden.

Alles dies ist älter als die Abhandlung von Benedict Prevost, in welcher er ohne den Beweis zu führen behauptet, daß das Licht, welches die farbigen Körper sichtbar macht, aus ihrem Innern komme.

In eben dieser Notiz findet sich das Mittel angegeben, die Beobachtungen über Dispersion verschiedener Körper genau vergleichbar zu machen. Dies Mittel besteht darin, mit einem blauen Glase nach den dunkeln Streifen zu visiren, welche dann das prismatische Spectrum darbietet.

Die Protokolle der Sitzungen des Längenbüreau bestätigen, daß ich am 20. Januar 1839 einen von mir über das Licht, wodurch man eine Porcellanplatte sieht, angestellten Versuche erwähnt habe. Die Menge polarisirten Lichtes ist, wenn man außerhalb der Richtung des regelmäßig reflectirten Strahles beobachtet, dieselbe, mag man den Körper durch neutrales Licht oder durch in beliebigem Sinne polarisirtes Licht beleuchtet haben.

Ich habe daraus geschlossen, daß das Licht, durch welches man die Körper sieht, unter dem Einfluße des einfallenden Lichtes gebildet wird. Es ist eine Art momentaner Phosphorescenz, welche mit der Ursache, die sie hervorgerufen hat, verschwindet. Dies war die Ansicht Euler's, der aber keine Beweise zu ihrer Stütze gegeben hatte.

Ich glaube die Physiker, welche meine Versuche über das eigenthümliche Licht der Körper wiederholen wollen, gegen eine specielle Fehlerquelle sicher stellen zu müssen, die mir zu sehr Recht geben würde. Die auf unsern Glashütten angefertigten opalfarbigen Gläser besitzen fast alle sehr deutliche Axen von Doppelbrechung; sie verhalten sich gegen die durch sie hindurchgehenden polarisirten Strahlen als ob sie Doppelbrechung besäßen, und depolarisiren sie unter denselben Umständen. Nur scheint in den günstigsten Lagen dieser Gläser die Depolarisation nicht soweit zu gehen, wie bei den gewöhnlichen Krystallen, daß sie in einem analysirenden Krystalle zwei Bilder von vollkommen gleichen Intensitäten erzeugen.

§. 6. — Ueber das Licht der glühenden Körper. — Anwendung auf die Untersuchung über die physische Constitution der Sonne.

Am 14. Juni 1824 sind von mir der Akademie Versuche, die ich bereits vor längerer Zeit über das Licht glühender Körper angestellt hatte, mitgetheilt worden. Ich habe gefunden, daß dies Licht bei festen oder flüssigen Körpern durch Brechung partiell polarisirt ist, wenn die beobachteten Strahlen mit der Austrittsfläche einen Winkel von wenigen Graden bilden. Dagegen zeigt das Licht brennender Gase unter keiner Neigung merkliche Spuren von Polarisation. Aus diesen Versuchen habe ich die Folgerung gezogen, daß ein namhafter Theil des Lichtes, welches uns die glühenden Körper sichtbar macht, in ihrem Innern bis zu noch nicht vollständig bestimmten Tiefen entstehe. Dasselbe Beobachtungsmittel kann zum Studium der physischen Constitution der Sonne benutzt werden; die Resultate, die ich bei dieser Untersuchung erhalten habe, bestätigen die Conjecturen von Bode, Schröter und Herschel.

Dieser Paragraph ist wörtlich dem 27. Bande der Annales de chimie et de physique S. 89 entnommen.

§. 7. — Farbige Ringe, welche sich im polarisirten Lichte um die optischen Axen der Krystalle bilden. — Einaxige Krystalle.

Es gehe ein polarisirtes Lichtbündel senkrecht durch eine Platte aus einem einaxigen Krystalle, die von zwei auf der optischen Axe senkrechten Flächen begrenzt wird, und man analysire das austretende Licht entweder durch Reflexion auf einem in der Weise gestellten Glasspiegel, daß er die Strahlen, welche ihre ursprüngliche Polarisation behalten, frei hindurchlassen würde, oder durch ein Turmalinblättchen, dessen Stellung umgekehrt eine solche ist, daß es eben diese Strahlen aufhalten würde: so nimmt man nur eine einzige deutliche und gleichförmige Färbung in allen Punkten der Platte wahr, wofern wegen der kleinen Fläche oder ihres Abstandes vom Auge die durch sie hindurchgehenden Strahlen als parallel betrachtet werden können. Dies gilt jedoch nicht mehr, wenn die von der Pupille nach den verschiedenen Punkten der Platte gezogenen Strahlen merklich gegen ihre

Oberfläche geneigt sind; was nothwendig eintritt, wenn man die Platte, welches auch ihre Größe sein möge, aus großer Nähe betrachtet. Dann erscheint der Punkt derselben, welchen der senkrechte Strahl trifft, von zahlreichen kreisförmigen farbigen Ringen umgeben, die durch ein schönes schwarzes Kreuz, dessen Arme sich um so mehr verbreitern, je weiter man sich von dem Mittelpunkte entfernt, in vier gleiche Theile getheilt werden (Fig. 10). Die Ringe hören



Fig. 10. — Farbige Ringe der einaxigen Krystalle im polarisirten Lichte.

am Kreuze auf, gehen nicht durch die Arme hindurch; sie verschwinden dort durch eine sehr schnelle Abnahme der Intensität.

Wendet man zu diesem Versuche polarisirtes homogenes Licht an, so sieht man wieder zahlreiche helle Ringe; sie besitzen dann aber sämmtlich nur eine einzige Farbe und sind durch zwischenliegende dunkle Ringe getrennt.

Für jede Art homogenen Lichtes und für jede Substanz verhalten sich in Platten von verschiedener Dicke die Quadrate der Durchmesser der Ringe von derselben Ordnung umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus diesen Dicken.

Geschickte Physiker haben lange Zeit behauptet, daß die Ringe in senkrecht auf die Axe geschnittenen krystallisirten Platten, wenn sie durch weißes Licht erzeugt werden, dieselbe Reihenfolge und Abstufung der Farben, wie die gewöhnlichen Ringe, welche den Berührungspunkt zweier aufeinandergelegter Glaslinsen umgeben, darbieten; man

findet aber von dieser Regel viel zu auffällige Ausnahmen, als daß man nicht daraus schließen müßte, daß sie niemals vollkommen streng gilt, und daß selbst in Fällen, wo sie anwendbar scheint, man nur an die Stelle der einfachen Betrachtung des gefärbten Streifens ein weniger unvollkommenes Beobachtungsverfahren zu setzen braucht, um Anomalieen wahrzunehmen. Der unter dem Namen Apophyllit bekannte Krystall (wasserhaltiges Doppelsilicat von Kalk und Kali) ist derjenige, der vielleicht im höchsten Grade zeigt, wie sehr man sich hüten muß, die vorgeschlagene Vergleichung anzunehmen. In diesem Krystalle zeigen nämlich die im polarisirten Lichte entstehenden Ringe nicht die lebhaften und getrennten Farben der von Newton so umständlich beschriebenen Ringe, sondern erscheinen abwechselnd weiß und sehr dunkel violett, fast schwarz. Dem entsprechend findet man, wie sich erwarten ließ, daß wenn man den Versuch mit homogenem Lichte anstellt, die Durchmesser der Ringe für alle Farben fast dieselben sind. Ich füge noch hinzu, daß die sehr kleinen Differenzen, die man entdeckt, jedenfalls nicht der Ordnung der Brechbarkeiten folgen; so sind z. B. die Durchmesser der rothen Ringe genau gleich den Durchmessern des auf der Grenze von Blau und Indigo stehenden Lichtes; die Durchmesser der grünen Ringe sind etwas kleiner, und die der violetten um ein Geringes größer. In gewissen ziemlich seltenen Varietäten von Apophyllit sind die Ringe nicht gleich; aber anstatt kleiner zu werden, wenn man von den rothen Strahlen zu den brechbareren Strahlen übergeht, nehmen sie dagegen sehr schnell und dergestalt zu, daß die den Strahlen einer mittleren Brechbarkeit entsprechenden Ringe unendliche Durchmesser haben. Näher nach dem andern Ende des Spectrums hin werden die Durchmesser von Neuem endlich, aber die Durchmesser der violetten Ringe übertreffen stets um Vieles die Durchmesser der rothen Ringe. Daraus geht hervor, daß man bei Anwendung des weißen Lichtes in den zusammengesetzten Ringen dieser Varietäten des Apophyllits eine gerade umgekehrte Ordnung der Farben, als wie sie die Newton'schen Ringe darbieten, finden muß; was die Erfahrung auch bestätigt hat.

Für diejenigen, welche sich für derartige Untersuchungen interessiren sollten, bemerke ich, daß sie in dem unterschwefligsaurem Kalke

einen Krystall finden werden, welcher ebenfalls Ringe erzeugt, deren Farben sich mit denen der Newton'schen Ringe nicht vergleichen lassen. Der kohlensaure Kalk, der Beryll, der Turmalin und selbst das Eis werden ihnen dagegen eine von den Newton'schen Ringen wenig verschiedene Vertheilung der prismatischen Farben liefern.

Mit bloßem Auge erscheint die Krystallplatte ganz und gar weiß; der Turmalin oder der reflectirende Spiegel, deren wir uns zur Analyse des durchgelassenen Bündels bedienten, haben uns nur Farben wahrnehmen lassen, indem sie zwei Ringsysteme von denselben Durchmessern, deren Farben complementär waren und sich bis dahin neutralisirt hatten, in verschiedenem Grade siebten.

Da die beiden Ringsysteme in zwei rechtwinkligen Ebenen polarisirt waren, so mußte, wenn der eine Strahl durch den Spiegel oder den Turmalin frei hindurchging, der andere reflectirt [oder respective absorbirt] werden. Will man beide Systeme gleichzeitig wahrnehmen, so muß man die Platte mit einem doppeltbrechenden Krystalle betrachten; wenn dann das eine System das regelmäßige Bild erzeugt, geht das andere ganz in das unregelmäßige über; wenn das erste ein schwarzes Kreuz darbietet, zeigt das zweite ein weißes Kreuz von gleichen Dimensionen u. s. w.

Bisjetzt habe ich angenommen, die Begrenzungsflächen der zum Versuche gewählten Platte ständen senkrecht auf der Axe des Krystalles und würden von dem polarisirten Bündel rechtwinklig getroffen; in diesem Falle erhielten die Ringe aller Farben eine genau kreisförmige Gestalt; wenn aber eine dieser Bedingungen oder alle beide nicht mehr erfüllt werden, so nehmen die Ringe eine elliptische Form an.

Die beschriebenen Farbenerscheinungen, die sich durch die Bildung von Ringen kund geben, lehren in Betreff der Modificationen, welche das polarisirte Licht beim Durchgange durch krystallisirte Blättchen erleidet, nichts Neues; sie zeigen nur auf einen Blick die Wirkungen, die aus den verschiedenen Neigungen hervorgehen, welche die durchgegangenen Strahlen mit der Axe des Blättchens machen, was unter gewissen Umständen bequem sein kann; denn als der Krystall wegen des nahe stattfindenden Parallelismus des beleuchtenden Bündels nur eine einzige Farbe zeigte, war zur Untersuchung der Reihenfolge

der prismatischen Farben für jede Neigung ein specieller Versuch erforderlich. Das schwarze Kreuz selbst erfordert kaum eine besondere Bemerkung: wer sollte nämlich nicht bemerkt haben, daß es nichts weiter ist als die Reihe von Punkten des Krystalles, deren Lage in Bezug auf das Auge so beschaffen ist, daß die durch dieselben hindurchgehenden Strahlen ihre ursprüngliche Polarisation behalten?

§ 8. — Zweiarige Krystalle.

Die einarigen Krystalle geben stets nur ein Ringsystem; zwei getrennte Ringsysteme existiren in den zweiarigen Krystallen; man kann sie aber nicht immer gleichzeitig sehen.

Um die Ringe in den Krystallen, mit denen wir uns zuvor beschäftigt haben, wahrzunehmen, genügte es, daß in dem polarisirten und durch die Platte hindurchgegangenen Bündel ein Strahl die Richtung der Are verfolgte, und zu denen gehörte, welche ins Auge gelangten.

Genau dieselbe Bedingung muß in den zweiarigen Krystallen erfüllt werden. Wenn von den durch die Platte hindurchgegangenen und im Gesichtsfelde befindlichen Strahlen zwei sich in den Richtungen der beiden optischen Aren bewegt haben, so wird um jeden dieser Strahlen ein Ringsystem sichtbar. Will man die beiden Ringsysteme mit einem Blicke vergleichen, so muß man also, um nicht genöthigt zu sein, sehr schief durch den Apparat zu blicken, solche Krystalle wählen, deren beide Aren unter einander nicht zu große Winkel bilden. Zu diesen Krystallen gehört z. B. der Salpeter.

Dies Salz krystallisirt in der Form eines sechsseitigen Prismas und seine zwei optischen Aren liegen in einer mit der geometrischen Are des Prismas parallelen Ebene.

Schneiden wir einen prismatischen Salpeterkrystall durch zwei auf seine geometrische Are senkrechte Ebenen, welche 4 bis 6^{mm} von einander abstehen, und bringen die dadurch gebildete Platte gerade wie früher, entweder zwischen zwei reflectirende Spiegel, oder zwischen zwei Turmaline: so werden wir ein Ringsystem von größter Schönheit um jeden der beiden Punkte der Platte wahrnehmen, die man mit dem Namen der Pole bezeichnet hat, und in denen die Platte von den in

den Verlängerungen der beiden optischen Axen liegenden Gesichtsstrahlen getroffen wird. Betrachtet man die Erscheinung aufmerksam, so wird man zuerst um jeden Pol eine gewisse Anzahl isolirter Ringe wahrnehmen; darauf wird man einen Ring des ersten Systems entdecken, der mit seinem Umfange einen Ring des benachbarten Systems berührt, so daß die Vereinigung beider eine Art 8 bildet; weiterhin werden beide Pole von einem einzigen Ringe umschlossen, der aber um die Mitte der Linie, welche die beiden Pole trennt, eine sehr merkliche Einbiegung darbietet.

In den folgenden Ringen wird diese Einbiegung immer weniger merklich, und endlich zeigen die Ringe nur eine einzige Krümmung. Die hier beigefügte Zeichnung (Fig. 11) wird weitere Erläuterungen überflüssig machen.

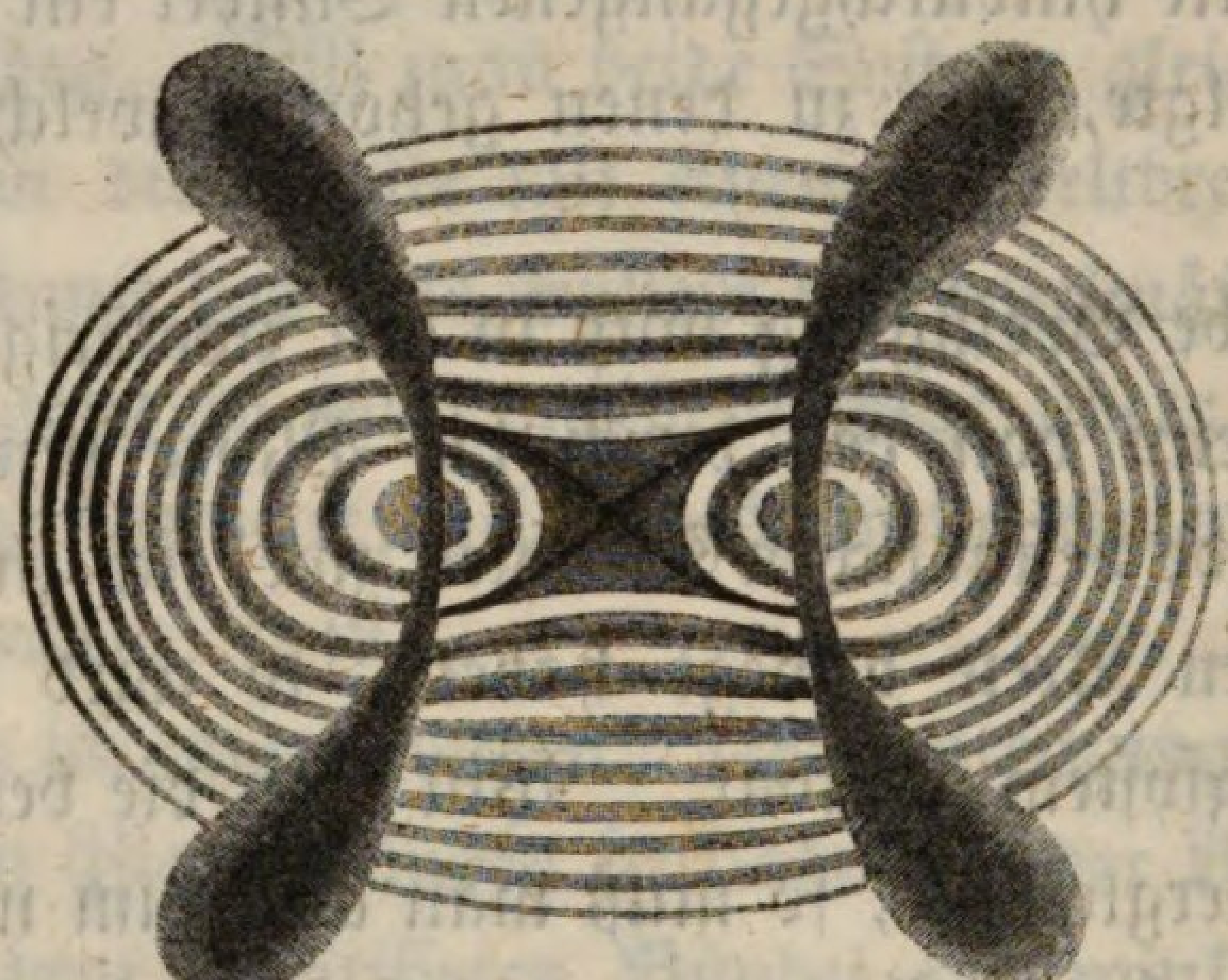


Fig. 11. — Farbige Ringe der zweiaxigen Krystalle im polarisirten Lichte.

Wenn man die Salpeterplatte in ihrer eigenen Ebene dreht, so drehen sich die Ringe ebenfalls mit; sie behalten genau dieselbe Gestalt und Lage in Bezug auf die Pole oder die Molecüle des Krystalls; es zeigen sich nur Aenderungen in der Intensität. Die schwarzen Streifen verhalten sich dagegen nicht in gleicher Weise.

Die Ringe der zweiaxigen Krystalle können, selbst wenn man nur ein System sieht, auf den ersten Blick von den Ringen der einaxigen Krystalle unterschieden werden. Letztere werden stets von den vier rechtwinkligen Armen eines schwarzen Kreuzes, deren gemeinschaftlicher Ursprung das Centrum der Ringe ist, durchschnitten; während die

erstern nur in ihren Polen von einem schwarzen Streifen, der je nach der Lage des Krystalls gerade oder gekrümmt ist, durchschnitten werden.

§ 9. — Von den farbigen Ringen.

Die Abhandlung, die ich 1811 über die farbigen Ringe geschrieben hatte, ist nur zum Theil in dem 3. Bande der Mémoires d'Arcueil im Jahr 1817 *) gedruckt worden. Sie enthält folgende wichtige Thatsachen:

Die Strahlen, welche die farbigen Ringe zwischen zwei Linsen aus gewöhnlichem Glase in reflectirtem Lichte bilden, sind unter denselben Neigungen polarisirt, wie das gewöhnliche Licht; anders verhält es sich mit den Strahlen, woraus die durchgelassenen Ringe bestehen. Werden diese Strahlen unter einer passenden Neigung untersucht, so erscheinen sie ebenfalls polarisirt, aber in demselben Sinne, wie die Strahlen der reflectirten Ringe, während das gewöhnliche Licht unter gleichen Umständen eine Polarisation durch Brechung, deren Richtung also auf der Polarisationsebene der reflectirten Strahlen senkrecht steht, erleidet.

Unter dem Winkel von 35° bilden senkrecht auf die Reflexionsebene polarisirte Strahlen durchaus keine Ringe. Wollte man also die Newton'sche Erklärung festhalten, so würde man unvermeidlich zu der Voraussetzung gezwungen werden, daß die Lichtstrahlen unter gewissen Umständen die Eigenschaften der sogenannten Anwandlungen verlören. Die um den Berührungspunkt einer gewöhnlichen Glaslinse und eines Metallspiegels erzeugten Ringe sind unter dem Winkel von 35° polarisirt, gerade so als ob sie um den Berührungspunkt zweier Glaslinsen gebildet wären; aber unterhalb des Polarisationswinkels sind die beiden durch einen doppeltbrechenden Krystall sichtbaren Bilder einander unähnlich. Alle in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen beweisen im vollständigen Gegensatze zu den Newton'schen Ansichten, daß die brechenden Kräfte der Körper, zwischen welchen das dünne Blättchen enthalten ist, einen großen Einfluß auf das Phänomen der Ringe ausüben.

*) Sie findet sich im Anfange des X. Bandes der sämmtlichen Werke.

Ich hatte die Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit der Young'schen Theorie der Ringe, die sich auf die Lehre von den Interferenzen stützt, besonders in Bezug auf die Polarisationswinkel nachgewiesen; der Theil meiner Abhandlung, worin meine Argumente entwickelt waren, hat jedoch den in der Druckerei von Peronneau einquartierten Kosaken zum Anzünden ihrer Pfeifen gedient.

Die erwähnte Abhandlung enthält den strengen Beweis der in dem Emissionssysteme nothwendig wahren Thatsache, die aber auch nach dem Undulationssysteme nicht weniger leicht zu begreifen ist, daß die zwischen zwei gewöhnlichen Glaslinsen sich bildenden durchgelassenen und reflectirten Ringe genau dieselbe Intensität besitzen. Diese Gleichheit kann bei der Beurtheilung der gleichen Intensität zweier weißer Lichtbündel, welche die beiden Linsen gleichzeitig beleuchten, als Kriterium benutzt werden. Jene Abhandlung, welche unstreitig neue und merkwürdige Thatsachen zu den von Hooke und Newton entdeckten hinzufügt, ist meines Dafürhaltens nicht so oft citirt worden, als es hätte geschehen können; doch darf ich wohl ohne Zweifel die wörtliche Wiederholung (reproduction textuelle) meiner Versuche durch berühmte Autoren (z. B. durch Airy), die es nicht für gut erachtet haben, die ältere Veröffentlichung in dem 3. Bande der Mémoires d'Arcueil zu erwähnen, als eine Anführung betrachten.

Seit dem Drucke meiner ersten Abhandlung im Jahr 1817 habe ich fast nichts Wesentliches zu meinen ersten Resultaten hinzugefügt. Nur nachdem Thomas Young gezeigt hatte, daß wenn die zwischen den beiden Glaslinsen enthaltene Flüssigkeit eine zwischen den Brechungen der beiden Linsen liegende Brechung besitzt, der centrale Flecken der Ringe weiß wird: habe ich durch Anwendung von Cassiaöl bewiesen, daß dieser centrale Flecken wieder schwarz wird, wenn das eingeschaltete Medium eine stärkere Brechung als die beiden Linsen besitzt.

§ 10. — Das Licht der Höfe ist durch Brechung polarisirt.

In der Sitzung vom 11. April 1825 habe ich der Akademie in einer Notiz, die im 29. Bande der Annales de chimie et de physique angeführt ist, mitgetheilt, daß ich bei der Untersuchung eines Hofes, der die Sonne gegen 11 Uhr Morgens umgab, mittelst eines

von mir erfundenen Instrumentes in dem Lichte dieses Hofes unzweideutige Spuren einer Polarisation durch Brechung erkannt habe. Dieser Versuch schließt jede auf eine Reflexion gegründete Erklärung des Phänomens aus.

Ich habe hinzugefügt, daß ich durch dasselbe Beobachtungsverfahren erkennen zu können hoffte, wann eine Wolke Eistheilchen enthält.

Zur Anstellung dieser Beobachtung habe ich mein gewöhnliches im 2. Bande der populären Astronomie S. 92 beschriebenes Polariskop angewandt.

§ 11. Instrument zur Wahrnehmung der Klippen.

Nach den in diesem Aufsatze enthaltenen Details wird der Leser ohne Schwierigkeit begreifen, wie das aus einer Röhre und einem Turmalin bestehende Instrument wirkt, das ich am 2. December 1835 dem Längenbureau vorgelegt habe. Der Turmalin beseitigt das von der Oberfläche des Wassers reflectirte Licht, und gestattet folglich die auf dem Grunde befindlichen Gegenstände zu sehen. An einem andern Orte habe ich die Verwendung, welche man von diesem Instrumente machen kann, angegeben. (Bd. 9 der sämmtl. Werke S. 62 und 440.)

§ 12. — Verwendung des Polarimeters zum Studium der atmosphärischen Optik bei Luftfahrten.

Die Aufsteigungen in der Atmosphäre mittelst Luftballons können zur Lösung der wichtigsten Probleme der atmosphärischen Optik dienen. Bisher hat man bei den wirklich ausgeführten oder blos projectirten Luftfahrten fast nur an die Aenderungen des Thermometers und des Hygrometers, so wie an elektrische, magnetische und eudiometrische Messungen gedacht; an Seilen gefesselte Ballons würden aber ein Mittel gewähren, um außerdem auch die Gesetze der Vertheilung des Lichtes in der Atmosphäre, sowohl im neutralen, als im polarisirten Zustand zu studiren.

Die relative Menge des in irgend einem Lichtbündel enthaltenen polarisirten Lichtes läßt sich mittelst eines sehr einfachen, leicht trag-

baren und handlichen Instrumentes, das ich construirt und mit dem Namen eines Polarimeters belegt habe, bestimmen; dies Instrument ist das 1811 von mir vorgeschlagene Polariskop, dem noch ein besonderer Theil angefügt ist. Das Polariskop wird durch die bloße Hinzufügung einer oder mehrerer Glasplatten mit parallelen Flächen, die vor das ältere Instrument gesetzt werden, zum Polarimeter. Diese Platten sind beweglich; ein getheilter Kreis läßt erkennen, unter welcher Neigung das Licht sie vor seinem Eintritte in das eigentliche Polariskop durchdrungen hat. Die relative Menge des in dem untersuchten Lichtbündel enthaltenen polarisirten Lichtes ergibt sich aus dem Winkel, auf welchen man die Glasplatten einstellen muß, um keine Spur von Farbe durch den ganzen Apparat mehr wahrzunehmen.

Die angegebene Einrichtung ist für tragbare Polarimeter, welche die Reisenden in der Hand halten sollen, die passendste. Man wird diesem Instrumente aber, sobald es wünschenswerth ist, eine andere Form geben können, sobald es zum Gebrauche auf einer Sternwarte oder in einem physikalischen Cabinete bestimmt ist. Man kann es dann an einem soliden Fußgestelle befestigen, und die eine oder die mehreren vor dem Polariskope angebrachten Glasplatten auch in einer constanten Neigung gegen die Gesichtslinie feststellen, wofern man nur vor dieselben eine krystallinische Platte mit parallelen Flächen, z. B. eine Bergkrystallplatte mit passend gerichtetem Hauptschnitte stellt. Durch eine Umdrehung dieses ganzen Apparats um die Axe des Polariskops läßt sich das Verschwinden der Farben herbeiführen; die Größe dieser Drehung steht ebenso wie die Neigung der Platten des tragbaren Instrumentes mit der relativen Menge polarisirten Lichtes in dem analysirten Bündel in genauem Zusammenhange.

Um z. B. zu zeigen, welche eigenthümlichen Aufgaben man mittelst des Polarimeters und verschiedener photometrischer Tafeln zu lösen im Stande sein wird, will ich bemerken, daß bei zerstreuten Wolken ein mit jenem Instrumente versehener Beobachter, ohne seinen Ort zu verändern, die Dicke der Luftschicht, die ihn von einer Wolke trennt oder im ungünstigsten Falle einen Grenzwerth, welchen diese Dicke nicht überschreiten würde, zu bestimmen vermag. Die nothwendigen Stücke zu einer solchen Bestimmung sind: 1) die Zahl, welche man

erhält, wenn man die Intensität des aus der heiteren unbegrenzten Atmosphäre in einer wenig von dem Rande der Wolke entfernten Richtung kommenden Lichtes mit der Intensität desjenigen Lichtes dividirt, das von eben dieser Wolke und der begrenzten zwischen der untern Fläche der Wolke und dem Auge des Beobachters liegenden atmosphärischen Schicht herrührt; 2) die Zahl, welche die relative Menge der in dem erstern dieser beiden Lichter (in dem unbegrenzten atmosphärischen Lichte) enthaltenen polarisirten Strahlen angibt; 3) die Zahl, welche die relative Menge der in dem zweiten Lichte (in dem Lichte der Wolke und der die Wolke von dem Beobachter trennenden atmosphärischen Schicht zusammengenommen) enthalten ist. Diese beiden letzten Zahlen werden durch das Polarimeter gegeben; das Verhältniß der Intensitäten bestimmt man durch das Photometer. Ich habe übrigens gefunden, daß das Licht der Wolken nicht merklich polarisirt ist; diese Thatsache wurde von mir am 1. August 1838 dem Längenbureau mitgetheilt, und ist 1850 von Barral bei seinen mit Bixio ausgeführten aërostatischen Reisen vollkommen bestätigt worden.*)

Die angezeigten Verfahren sind von Messungen von Standlinien und Parallaxen völlig unabhängig; sie werden zur Bestimmung der Entfernung der Gebirge angewandt werden können, selbst wenn dieselben mit Schnee bedeckt sein sollten. Doch wird man, bevor dieselben praktisch brauchbar werden, große Lücken in der atmosphärischen Photometrie ausfüllen müssen. Dazu werden besonders schwarze an Seilen gehaltene Luftballons und meine neuen Instrumente nützlich sein. Die schwarzen Ballons werden bei den meisten dieser Versuche keinen Beobachter zu tragen brauchen, insofern sie blos bestimmt sind den Dienst von Schirmen zu versehen, welche, successive in verschiedene Höhen gestellt, das Licht von mehr oder minder beträchtlichen Stücken der gesammten Atmosphäre aufhalten. Die Luftschiffer werden nur erfordert, um zu verificiren, ob die Beobachtungen über das durch künstliche Wolken hindurchgelassene nicht polarisirte Licht in jeder Beziehung auf die natürlichen Wolken anwendbar sind; ob in dem Lichte einer

*) Vergl. Bd. 9, S. 408 und 412.

heitern Atmosphäre die relative Menge der polarisirten Strahlen dieselbe ist, welches auch die Höhen sein mögen, und wie in jedem Falle diese relative Menge sich ändert.

§ 13. — Ueber die Interferenzen des Lichtes, als ein Mittel zur Lösung verschiedener sehr schwieriger Fragen der Physik, sowie als Grundlage zur Construction neuer meteorologischer Instrumente.*)

Wenn zwei aus einer gemeinschaftlichen Quelle stammende Bündel weißen Lichtes sich in einem und demselben homogenen Mittel fortgepflanzt und dabei fast gleiche Wege zurückgelegt haben, so erzeugen sie überall, wo sie sich unter kleinen Winkeln durchkreuzen, ein aus einer Reihe vollkommen sichtbarer dunkler und heller Streifen gebildetes System. Der mittelste Streifen zeigt unter allen am wenigsten Farben und ist durch dieses Merkmal leicht zu erkennen. An dem Orte, welchen er einnimmt, haben die interferirenden Strahlen genau gleiche Wege zurückgelegt; zu beiden Seiten dieses mittleren Streifens ist Alles an Form, Intensität und Farbe symmetrisch.

Bereits vor vielen Jahren habe ich gefunden, daß der Ort der Streifen, welche auf angegebene Weise durch die Interferenz zweier Lichtbündel entstehen, nicht allein von den Längen der durchlaufenen Wege abhängt. Als ich in der Luft ein äußerst dünnes Glasblättchen in die Bahn eines der Bündel stellte, sah ich die Streifen sich nach der Seite des Blättchens verschieben. Dieser vielfach mit allen möglichen festen, flüssigen und gasförmigen Medien wiederholte Versuch führte zu einem Gesetze, welches die Größe der Verschiebung der Streifen mit der brechenden Kraft und mit der Dicke des durchsichtigen Körpers, durch welchen nur das eine der beiden Bündel hindurchgegangen ist, verknüpft.

Sobald ich dies völlig neue Verfahren, die brechende Kraft der durchsichtigen Körper zu messen, entdeckt hatte, dachte ich daran, dasselbe zur Ermittelung der brechenden Kraft der feuchten Luft anzuwenden; es hatte nämlich ein großes Interesse mit Bestimmtheit zu wissen, ob das Hygrometer bei der Berechnung der astronomischen Re-

*) Am 25. Mai 1840 der Akademie der Wissenschaften mitgetheilte Notiz.

fractionen eine Rolle spielen müsse. Es war dies eine bereits von zwei Mitgliedern der Akademie behandelte Frage: erstens von Laplace, mittelst der allgemeinen Voraussetzung, daß die Flüssigkeiten und die Dämpfe, welche aus jenen sich bilden, dasselbe Brechungsvermögen besäßen, eine nach der Emissionstheorie sehr plausible Voraussetzung, die aber spätere Untersuchungen keineswegs bestätigt haben; und zweitens von Biot infolge der mit der ganzen Genauigkeit, welche die angewandte Methode gestattete, ausgeführten Versuche. Fresnel verband sich mit mir zur Ausführung des von mir projectirten Versuchs, die in folgender Weise bewerkstelligt wurde:

Zwei dünne Glasröhren von ungefähr 1 Meter Länge wurden wie die beiden Rohre eines doppelläufigen Gewehrs dicht neben einander befestigt. An jedem Ende wurden diese beiden Röhren durch eine einzige Glasplatte mit parallelen Flächen verschlossen. Den Substanzen, welche der Untersuchung unterworfen werden sollten, gestatteten Hähne den Eintritt. Wenn die beiden Röhren Luft von einerlei Dichtigkeit, Temperatur und Feuchtigkeitsgrade enthielten, so erzeugte das aus der rechten Röhre kommende Bündel bei seinem Zusammentreffen mit dem aus der linken Röhre austretenden Bündel farbige Streifen, deren Ort genau mit dem Orte der Streifen zusammenfiel, welche aus der Wirkung derselben Strahlenbündel entstanden, wenn sie sich in freier Luft fortgepflanzt hatten. Wenn dagegen bei unverändert gehaltener Spannkraft der Gase in den beiden Röhren, in die eine Chlorcalcium, in die andere Wasser gebracht, und dadurch die Luft in der ersten völlig ausgetrocknet, in der zweiten aber mit Dämpfen vollständig gesättigt wurde, so nahmen die Streifen, welche durch die Interferenz des durch die trockene und des durch die feuchte Luftschicht von 1 Meter Länge hindurchgegangenen Strahlenbündels entstanden, nicht mehr den Ort der in freier Luft erzeugten Streifen ein; die Einschaltung der Röhren bewirkte eine erkennbare Verschiebung: eine Verschiebung um anderthalb Streifen. Diese Verschiebung erfolgte stets nach der Seite der trockenen Luft.

Diese Richtung der Verschiebung bewies zunächst auf ganz unbestreitbare Weise, daß die trockene Luft eine größere brechende Kraft

besaß als die feuchte. Es blieb nur noch übrig, mit Genauigkeit den Unterschied anzugeben.

Aus dem oben erwähnten Gesetze oder auch aus Versuchen über die Verminderung des Druckes, welche man in einer der Röhren erzeugen mußte, um die Streifen um $1^1/_2$ Streifenbreite nach der entgegengesetzten Seite zu verschieben, ließ sich direct der Unterschied der brechenden Kräfte der beiden Luftmassen herleiten. Es wäre indeß möglich gewesen, daß eine dünne Feuchtigkeitsschicht sich auf der inneren Oberfläche der beiden Gläser in den vor der Röhre mit feuchter Luft befindlichen Theilen niedergeschlagen hätte, und würde eine solche Schicht, auch wenn sie noch so dünn wäre, eine wichtige Rolle bei dem Phänomen spielen: sie würde den größten Theil der gesuchten Wirkung verdecken. Dies ist das Bedenken, welches Fresnel abhielt, zur Stütze unserer Folgerung, die wir aus unserm gemeinschaftlichen Versuche gezogen hatten, eine Zahl anzugeben.

Dies Bedenken habe ich seitdem vollständig gehoben, indem ich den ältern Versuch mittelst zweier anderer Röhren wiederholte, deren eine trockene und die andere feuchte Luft enthielt und deren Enden dabei durch dieselben beiden Glasplatten verschlossen waren, die wir früher angewandt hatten; dies Mal waren die Röhren aber nicht 1 Meter, sondern nur 1 Centimeter*) lang. Da der Einfluß eines Unterschiedes in den brechenden Kräften der beiden Luftarten auf diese Weise fast ganz eliminirt war, so konnte nur noch die Wirkung der auf den innern Flächen der beiden Glasplatten vor der feuchten Röhre niedergeschlagenen Wasserschicht übrig bleiben; diese Wirkung war stets unmerklich. Die mit den beiden Röhren von 1 Meter Länge beobachtete Verschiebung um anderthalb Streifen rührte also ausschließlich von dem Unterschiede in den brechenden Kräften der trocknen und der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft her. Dieser Unterschied war bei 27° C. so beschaffen, daß wenn man für die trocne Luft als Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels beim Uebergange des Lichtes aus dem leeren Raume in die Luft die Zahl

$$1{,}0002945$$

*) Die Bd. X. S. 262 gemachten Angaben stimmen nicht genau mit den obigen Relationen überein. Anm. d. d. Ausg.

nahm, dies Verhältniß für den Uebergang aus dem leeren Raume in die feuchte Luft

1,0002936

wurde.

Es war eigenthümlich, daß ein Unterschied in der sechsten Decimale des Brechungsexponenten mittelst Versuche dargethan wurde, bei welchen kein Strahl eine Brechung erlitten hatte. Ich setze hinzu, daß, da die Genauigkeit der Methode mit der Länge der angewandten Röhren proportional ist, kein Hinderniß noch weiter zu gehen vorliegen würde.

Dieser Versuch muß noch eine Ergänzung erhalten; es handelt sich darum zu erfahren, ob die Wärme auf die Brechung der Luft einen Einfluß ausübt, welcher von der ausdehnenden Eigenschaft derselben unterschieden werden kann und muß. Dieser Zweifel verdient um so mehr gehoben zu werden, als das heiße Glas stärker als das kalte bricht.

Man muß ferner, um in der so wichtigen und schwierigen Frage der astronomischen Refractionen Nichts unbestimmt zu lassen, den Einfluß der ruhenden und der bewegten Electricität untersuchen. Dies Alles ist jetzt zugänglich, und kann schnell aufgeklärt werden.

Ich will jetzt in der Kürze noch einige andere Anwendungen, deren die Methode fähig ist, andeuten.

Nehmen wir eine luftleer gemachte Röhre von einer gewissen Länge, die an ihren beiden Enden durch Glasplatten hermetisch verschlossen ist, und wählen diese beiden Glasplatten, so wie eine dritte bewegliche Glasplatte, welche dicht neben die Röhre in die Bahn des äußern Bündels gestellt wird, in passender Weise, so läßt es sich einrichten, daß infolge einer Compensation durch die Interferenz des ersten durch den leeren Raum und des andern durch die äußere Luft gegangenen Bündels sich ganz in derselben Weise Streifen bilden, als ob die beiden Bündel sich in einem gleichartigen Mittel fortgepflanzt hätten. Wenn nun blos die brechende Kraft der äußern Atmosphäre sich ändert, so werden die Streifen sich verschieben; die Verschiebung wird nach der leeren Röhre hin erfolgen, wenn die brechende Kraft sich vermindert, und im entgegengesetzten Sinne, wenn dieselbe wächst. Ein solches

Instrument würde also auf den Sternwarten anstatt des Barometers und Thermometers zur Ermittelung der brechenden Kraft der Atmosphäre verwendet werden können. Die Beobachtung ließe sich in der Höhe des Objectivs des astronomischen Instrumentes ausführen und dürfte auf diese Weise den endlosen Streitigkeiten darüber, ob man bei der Berechnung der Refractionen das äußere oder das innere Thermometer in Rechnung ziehen soll, ein Ziel setzen.

Die Brechung der Luft ist eine Function ihres Druckes und ihrer Temperatur. Wenn bei constant erhaltenem Drucke die Temperatur um einen einzigen Centesimalgrad steigt, so verschieben sich in einem Instrumente von 1,1 Meter Länge die Streifen um mehr als zwei ganze Streifen. Diese Verschiebung läßt sich bis auf $^1/_{10}$ Streifen genau messen; das in Rede stehende Instrument kann also in Verbindung mit dem Barometer dienen, um die Temperatur der Luft bis auf ungefähr $^1/_{20}$ Grad zu bestimmen.

Durch Verlängerung der luftleeren Röhre würde diese außerordentliche Empfindlichkeit ins Unendliche gesteigert werden können; doch ist dies einer der geringsten Vortheile der Methode. Da auf ein Thermometer die Strahlung des Himmels, des Bodens und der übrigen umgebenden Gegenstände einen Einfluß ausübt, so gibt es niemals die Temperatur der Luft; dagegen ist das aus einer Eigenschaft der Atmosphäre, die eine Function ihrer Temperatur ist, hergeleitete Resultat gegen alle diese Fehlerquellen vollständig gesichert.

Wollte man sich auf Reisen mit atmosphärischen Temperaturen begnügen, wie man sie gegenwärtig mit dem Thermometer bestimmt, so würde die leere Röhre als Barometer dienen können. Eine Röhrenlänge von 1 Meter würde gestatten, Aenderungen im Atmosphärendrucke bis auf $^1/_5$ Millimeter zu schätzen. Ein Barometer ohne Flüssigkeit wäre sicherlich ein sehr merkwürdiges Ding; die Reisenden würden indeß besonders seine geringe Zerbrechlichkeit beachten.

Meine Methode, die Refraction zu bestimmen, wird zur Ermittelung des Zustandes der Atmosphäre in allen Abständen von erhitzten oder nicht erhitzten Körpern dienen können; ferner zur weiteren Verfolgung der interessanten Versuche Faraday's über die begrenzten Atmosphären des Quecksilbers und deren Dichtigkeitsabnahme mit der Ent-

fernung von dieser Flüssigkeit; vielleicht ließe sich mit hinreichend langen Röhren selbst der Einfluß der riechenden Substanzen sichtbar machen.

Da zur Beobachtung ein Augenblick genügt, so darf man selbst hoffen, daß wenn man die leere Röhre in passender Weise in Bezug auf den Ausgangspunkt starker Erschütterungen stellt, man dem Auge mehrere Eigenschaften der Schallwellen sichtbar zu machen im Stande sein wird.

Was die Flüssigkeiten betrifft, so geht aus bereits angestellten Versuchen hervor, daß man durch die Beobachtung der Streifen, selbst in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums, Aenderungen in der Brechung des Wassers, welche $^1/_{40}{}^0$ C. entsprechen, bestimmen kann. Wer sieht hierin nicht ein neues und äußerst genaues Mittel, um die Fortpflanzung der Wärme in diesen Körpern zu studiren, ohne daß man von jetzt an durch Einführung der Kugel und Röhre eines Thermometers in ihre Masse deren Zusammenhang zu unterbrechen braucht? Dieselbe Bemerkung läßt sich auf die Untersuchung der Fortpflanzung der Wärme durch durchsichtige feste Körper anwenden.

Endlich können auch selbst die Zunahmen der brechenden Kraft des Wassers und des Glases, welche aus einer Zusammendrückung dieser Körper hervorgehen, mittelst der neuen Instrumente wahrgenommen werden. Mit einer 1 Meter langen Röhre wird die Compression des Wassers für jede zwei Hundertstel eines Atmosphärendruckes sichtbar sein; bei einem Glasstabe von gleicher Länge wird $^1/_{10}$ Atmosphärendruck merklich werden.

Das optische Barometer, Thermometer oder Refractionsinstrument hat bereits alle wünschenswerthe Bequemlichkeit, wenn es in einem dunkeln Zimmer benutzt werden soll. Für den gewöhnlichen Gebrauch und für seine Verwendung auf Reisen müßte es ohne Zweifel noch verschiedene Verbesserungen erhalten. An die Stelle des compensirenden, um den Mittelpunkt eines getheilten Kreises drehbaren Glases, wie ich es von meinen ersten Interferenzversuchen an gebraucht habe, wird man vielleicht eine Art Glas mit parallelen Flächen, aber von veränderlicher Dicke, das Babinet ausgedacht hat, setzen können. Dies Glas besteht aus zwei Prismen von demselben Winkel, welche in entgegengesetztem Sinne an einander gelegt sind; die Lichtstrahlen durch-

bringen es stets senkrecht, und seine Gesammtdicke wird allmälich in dem Maaße kleiner, als durch eine geradlinige Verschiebung die beiden Prismen, die anfangs so gestellt sind, daß die Kante des einen mit der Basis des andern zusammenfällt, sich der Lage nähern, wo die Kanten selbst auf einander fallen würden. Es ist ferner noch übrig, ein einfaches Verfahren ausfindig zu machen, wie die Mechaniker ohne allzu langwieriges Probiren zur Herstellung vortheilhafter Interferenzbedingungen von Lichtstrahlen gelangen können, welche, bevor sie die Loupe erreichen, in deren Brennpunkte die Streifen sich bilden sollen, um mehrere Centimeter von einander getrennt sind. Was das Verfahren bei Flüssigkeiten anlangt, so müssen die zu ihrer Aufnahme bestimmten Röhren nach ihrer Anfertigung bei allen Temperaturen dieselben Längen besitzen. Ich füge endlich noch hinzu, daß die Möglichkeit bei der Erzeugung der Streifen das zerstreute atmosphärische Licht dem Sonnen- oder künstlichen Lichte zu substituiren, bereits durch zahlreiche Beugungsapparate bewiesen ist, die ein geschickter Künstler, Soleil, seit langer Zeit den physikalischen Cabineten liefert.

Ich habe vermieden, in irgend einem Punkte die neuen Instrumente mit dem Undulationssysteme in Beziehung zu setzen; doch muß ich hinzufügen, daß die mit meinen Apparaten ausgeführten Interferenzphänomene in offenbarem Widerspruche mit der Emissionstheorie stehen und sie vollständig über den Haufen werfen.

§ 14. — Ueber die Wirkung, welche die polarisirten Lichtstrahlen auf einander ausüben.

Im Jahre 1819 habe ich in Verbindung mit Fresnel in den Annales de chimie et de physique eine Abhandlung über diese sehr wichtige Frage veröffentlicht. Es gehen aus den Versuchen, die in dieser oben S. 316 erwähnten Abhandlung berichtet worden, die folgenden Resultate hervor:

1) In demselben Sinne polarisirte Lichtstrahlen wirken auf einander wie natürliche Lichtstrahlen, so daß für diese beiden Arten des Lichtes die Phänomene der Interferenz vollständig dieselben sind;

2) Unter denselben Umständen, wo zwei Strahlen des gewöhnlichen Lichtes sich wechselweise zu zerstören scheinen, üben zwei in ent-

gegengesetztem Sinne polarisirte Strahlen keine wahrnehmbare Wirkung auf einander aus.

3) Zwei ursprünglich in entgegengesetztem Sinne polarisirte Strahlen können später auf eine und dieselbe Polarisationsebene zurückgeführt werden, ohne dabei die Fähigkeit auf einander zu wirken, zu erlangen.

4) Zwei in entgegengesetztem Sinne polarisirte und dann auf dieselbe Polarisationsebene zurückgeführte Strahlen wirken auf einander wie natürliche Strahlen, wenn sie aus einem ursprünglich in einerlei Richtung polarisirten Bündel stammen.

5) Bei den durch Strahlen, welche die Doppelbrechung erlitten haben, erzeugten Interferenzphänomenen wird die Lage der Streifen nicht blos durch den Unterschied der Wege und Geschwindigkeiten bestimmt; unter einigen Umständen muß man außerdem noch einen Unterschied von einer halben Wellenlänge in Rechnung ziehen.

Man sieht also aus dieser Reihe von Resultaten, daß es, um zu wissen, ob zwei in demselben Sinne polarisirte Lichtstrahlen interferiren können, nicht genügt, ihren gegenwärtigen Zustand in Betracht zu ziehen, sondern daß man auch wissen muß, durch welche Reihe von Veränderungen und in welcher Aufeinanderfolge sie in diesen Zustand gekommen sind.

Die hier erwähnten Eigenschaften des Lichtes sind unentbehrlich, um die Farben zu erklären, welche sich in krystallisirten doppeltbrechenden Blättchen zeigen. Sie führen auch direct zur Lösung der Frage, in welcher Weise die Wellenbewegungen des Lichtes vor sich gehen, ob in der Linie, nach welcher sich der Strahl fortpflanzt oder senkrecht auf diese Linie. Diese letzte Art der Fortpflanzung scheint aus unseren Versuchen hervorzugehen; jedoch erschien es mir so bedenklich dies anzunehmen, daß ich meinem Mitarbeiter allein die Kühnheit einer solchen Folgerung überließ.

Beim Lesen der Abhandlung wird man bemerken, daß wir, Fresnel und ich, mit der größten Sorgfalt den Antheil angegeben haben, den jeder von uns an dieser gemeinschaftlichen Arbeit genommen hat.

Anhang.

I.

Einige auf die Polarisation des Lichtes bezügliche Resultate.*)

§ 1. — Durch verschiedene Metalloxyde erzeugte farbige Polarisation.

Die verschiedenfarbigen Strahlen scheinen bei der Reflexion von Glasspiegeln oder den meisten schwach brechenden Körpern unter demselben Winkel polarisirt zu werden; auf den Metalloxyden bemerkt man aber unzweideutige Spuren einer farbigen Polarisation. So ist z. B. unter dem Polarisationswinkel auf Eisenglanz, d. h. unter einer Neigung von ungefähr 20°, das schwächste Bild, das man mit einem passend aufgestellten Rhomboeder erblickt, grün (schwach bläulich); überschreitet man diesen Punkt, so daß die Winkel spitzer werden, so färbt sich dasselbe Bild fast plötzlich roth. Dieser Versuch würde wegen der bläulichen Färbung des Eisenerzes selbst einige Zweifel lassen können; um aber darzuthun, daß die Farbe des schwachen Bildes nicht mit der des Körpers, auf welchem das Licht reflectirt wird, zusammenhängt, will ich das chromsaure Bleioxyd anführen, das, obgleich roth, dieselbe Erscheinung, wie der Eisenglanz zeigt; allerdings sind diese beiden Substanzen blättrig, indeß der geschmolzene Spießglanzsafran (Crocus antimonii der Pharmaceuten), das rothe ebenfalls geschmol-

*) Diese Bemerkungen sind der Akademie der Wissenschaften am 22. November 1813 mitgetheilt worden; jedes Blatt des Manuscripts ist an diesem Datum von Delambre unterzeichnet worden.

zene Eisenoxyd (Hämatit) geben unter dem Polarisationswinkel ebenfalls ein grünes Bild, obgleich das Innere dieser Körper keine Blättchen zeigt.

§ 2. — Polarisation durch Porcellan.

Unter spitzen Winkeln zeigt das Licht, welches ein Stück Porcellan sichtbar macht, unzweideutige Spuren einer Polarisation durch Brechung. (Dasselbe Resultat geben weißer Marmor, mehrere Emailarten u. s. w.)

§ 3. — Polarisation der Atmosphäre.

Wenn die Sonne untergeht, so erhält das Licht, welches die Atmosphäre in dem diametral gegenüberliegenden Punkte des Horizontes nach uns reflectirt, eine nicht unbeträchtliche Zahl durch Brechung polarisirter Strahlen; in einer gewissen Höhe in demselben Azimut besitzen die Strahlen dieselben Eigenschaften, wie das gewöhnliche Licht; über diesen Punkt hinaus, näher nach der Sonne hin, ist das Licht durch Reflexion polarisirt.

§ 4. — Depolarisation des Lichtes.

Wenn man das Licht depolarisirt, indem man es durch einen passend gestellten Spiegel (Glasplatte) gehen läßt, so würde es nach der Theorie scheinen, als ob der durchgelassene Strahl eine um so beträchtlichere Menge depolarisirter Strahlen enthalten müßte, je mehr der Einfallswinkel sich $35\frac{1}{2}^0$ genähert hätte; der Versuch scheint aber anzuzeigen, daß das zweite Bild, welches die Zwischenstellung des Spiegels hervorruft, um so lebhafter wird, je spitzer der Winkel ist, unter welchem das polarisirte Bündel durch den Spiegel hindurchgeht.

Es gibt Glimmerblättchen, welche das Licht nicht depolarisiren, weder bei senkrechter Incidenz, wie man sie auch in ihrer eigenen Ebene drehen mag, noch unter solchen schiefen Einfallswinkeln, bei welchen ihre Ebene auf derjenigen, in welcher die Strahlen polarisirt worden sind, senkrecht steht; aber das in jene Stellungen, wo ein gewöhnlicher Glasspiegel die weißen Strahlen depolarisiren würde, gebrachte Blättchen, erzeugt zwei gefärbte Bilder.

§ 5. — Polarisation der gebeugten Bilder.

Einander sehr nahe stehende, feine Linien, welche auf einem Glasspiegel oder auf einem Metallspiegel gezogen worden sind, liefern vielleicht das kräftigste Mittel zur Zerlegung des Lichtes; so ist z. B. das erste der gebeugten prismatischen Bilder, das man rechts und links neben dem zerlegten Hauptbilde einer Kerze bemerkt, stärker zerstreut, als das durch ein Flintglasprisma von 60° erzeugte Spectrum, wenn die Striche, zwischen denen das Lichtbündel durchgegangen ist, um $^1/_{600}$ Linie von einander abstehen.

Die Zerstreuung der gebeugten Bilder scheint völlig dieselbe zu sein, mögen sich diese Linien auf dem Glase oder auf einem Metallspiegel befinden. (Die von mir bei diesen Versuchen benutzten Linien waren von Richer auf eine Crownglasplatte und auf einen Metallspiegel gezogen.) (Es ist klar, daß es bei diesem vergleichenden Resultate sich um gleichweit von einander abstehende Striche handelt.)

Die Beugungsbilder sind unter der passenden Incidenz durch Reflexion polarisirt, selbst wenn die Theilungen auf einem doppeltbrechenden Krystalle, wie Kalkspath oder Bergkrystall, angebracht worden sind.

§ 6. — Ueber die Farben der verschiedenen Körper.

Ich habe oben von den Farben geredet, die man bei der Polarisation bemerkt, wenn das Licht auf einem Metalloxyde reflectirt wird; auf einem blau angelassenen Stahlknopfe ist die Reihenfolge der Farben ausgedehnter und sind die Farben lebhafter. Es könnte übrigens sein, daß diese Phänomene wesentlich verschieden wären; daß das letztere z. B. allein von der dünnen Oxydschicht, womit der Knopf bedeckt ist, herrührte.

II.

Bemerkungen über die wechselseitige Einwirkung zweier Lichtbündel, die sich unter einem sehr kleinen Winkel kreuzen. *)

Die Idee, daß zwei Lichtbündel, indem sie in einander eindringen, einen gegenseitigen Einfluß ausüben können, hat sich den Physikern

---

*) 1816 in den 1. Bd. der Annales de chimie et de physique aufgenommene Notiz.

frühzeitig dargeboten; denn man findet bereits Spuren davon in dem Werke von Grimaldi. Hooke's Mikrographie, die bis 1665 zurückgeht, enthält eine umständliche Erklärung des Phänomens der farbigen Ringe, die sich ganz auf diese Voraussetzung stützt; und was bemerkenswerth scheint, sie betrachtet es gleichsam als nothwendige Folgerung, daß die verschiedenen Dicken eines gewissen Körpers eine und dieselbe Farbe reflectiren müssen, wenn sie sich verhalten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w.; eine Wahrheit, die Newton lange Zeit nachher experimentell bewiesen hat. Diese Untersuchung hat seitdem wenig Interesse erregt; was eines Theils daran lag, daß sie in dem allgemein angenommenen Emmissionssysteme sozusagen ohne Object war, und andererseits daran, daß die Umstände, unter welchen der gegenseitige Einfluß der zwei Lichtbündel, welche sich durchdringen, merkliche und der Beobachtung zugängliche Wirkungen hervorbringt, selten sind und sich nur schwierig vereinigen lassen. Dr. Thomas Young hat sich das Verdienst erworben, die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen neuen Zweig der Optik zurückgeführt zu haben; ebenso hat er zuerst durch den von mir früher*) erwähnten Versuch der innern Diffractionsstreifen nachgewiesen, daß zwei aus derselben Quelle stammende Strahlen, die auf zwei verschiedenen und etwas ungleichen Wegen in einem Punkte wieder zusammentreffen, sich aufheben oder wenigstens bedeutend schwächen können. Ein anderer Versuch eben dieses Gelehrten (vergl. die Erklärung der Tafeln seines Treatise of natural philosophy Bd. 1, S. 787) beweist um so klarer diesen gegenseitigen Einfluß zweier sich kreuzender Strahlen, als es dabei zur Erzeugung völlig gleicher Streifen, wie die im Innern des Schattens eines dunkeln Körpers sich bildenden, genügt, das Sonnenlicht durch zwei nahe bei einander befindliche Oeffnungen in ein dunkles Zimmer einzuführen, ohne daß es nothwendig ist, die Kräfte zu Hülfe zu nehmen, denen die Physiker die Beugungsphänomene gewöhnlich zuschreiben. Fresnel seinerseits ist es ebenfalls gelungen, solche Streifen durch die Durchkreuzung zweier von einem und demselben strahlenden Punkte ausgegangener und auf zwei schwach gegen einander geneigten Spiegeln

*) Siehe den Anhang zum Aufsatze über die Scintillation S. 87.

reflectirter Lichtbündel zu erzeugen. Diese Streifen stehen, wie er bemerkt hat, stets auf der Linie, welche die beiden Bilder verbindet, senkrecht, haben aber zu der Lage der Ränder der Spiegel keine Beziehung. Ihre Breite steht in allen Fällen zu dem Abstande der virtuellen Brennpunkte, von denen aus die beiden Bündel zu divergiren scheinen, im umgekehrten Verhältnisse. Ich will hinzufügen, daß ich bei diesem Vorgange ebenso wie bei dem gewöhnlichen Beugungsphänomene erkannt habe, daß es, um sämmtliche Streifen vollständig verschwinden zu lassen, hinreicht, eins der beiden Bündel, welche zu ihrer Erzeugung beitragen, entweder vor oder nach seiner Reflexion auf einem der Spiegel durch ein Glas von einer gewissen Dicke gehen zu lassen.

Die von Fresnel und mir gemeinschaftlich über die Verschiebung, welche die innern Beugungsstreifen durch Einschaltung mehr oder weniger dicker Blättchen verschiedener Substanzen erleiden, angestellten Versuche haben uns gezeigt, daß diese Verschiebung zur Messung sehr kleiner Unterschiede in der Brechung dienen kann; das Verfahren ist bereits für Wasser und Weingeist, Wasser und Aether u. s. w. geprüft worden; ein sehr einfacher Apparat wird zur Messung der Unterschiede in der Brechung einer und derselben Flüssigkeit bei zwei gegebenen Temperaturen dienen; wir haben z. B. gefunden, daß der Unterschied zwischen den Brechungen des Wassers bei 4° und des Wassers bei 0° bis auf $^1/_{100}$ genau mittelst zweier gleicher 2 Decimeter langer Kasten würde bestimmt werden können; besonders schätzbar wird dies neue Beobachtungsverfahren aber für die Bestimmung der Brechung der Gase sein; denn wenn man den Röhren, welche die Gase einschließen, eine hinreichende Länge gibt, so wird man die Genauigkeit der Messungen soweit treiben können, als man will.

III.

Ueber die Polarisation des atmosphärischen Lichtes und des Mondlichtes.

Da mehrere auf die Polarisation bezügliche Thatsachen, die ich der Akademie der Wissenschaften zu verschiedenen Zeiten mitgetheilt hatte, von Chevalier und Airy, Mitgliedern der Cambridge Society

in Abrede gestellt worden waren, habe ich es für meine Pflicht gehalten, 1834 auf diese Thatsachen zurückzukommen, und vor der Akademie zu wiederholen, daß sie vollkommen richtig sind:

1) Das blaue Licht des Himmels, das von einer strahlenden Reflexion an den Molecülen, und nicht von der spiegelnden oder an den Schichten eintretenden Reflexion herrührt, ist partiell polarisirt, und das Maximum der Polarisation liegt 90° von der Sonne ab; dies ist eine unbestrittene Thatsache.

2) Das Licht, welches durch eine Wolke gegangen ist, erscheint nicht polarisirt, wenn der Beobachter sich in der Wolke befindet; steht er aber außerhalb der Wolke, und hat also das Licht zwischen der Wolke und seinem Standpunkte eine gewisse Schicht reiner Luft durchlaufen, so ist es merklich polarisirt; man kann nicht nur leicht die Thatsache der Polarisation nachweisen, sondern auch die Menge polarisirter Strahlen finden, welche das Licht enthält. Ein directer Versuch beweist, daß eine atmosphärische Schicht von ungefähr 50 Meter Dicke hinreicht, um eine merkliche Polarisation zu erzeugen.

3) das Licht des Mondes enthält eine ziemlich große Menge polarisirten Lichtes; man überzeugt sich leicht davon, wenn man die Beobachtung im ersten Viertel anstellt; man sieht dann, daß ein beträchtlicher Theil des Lichts, das wir von diesem Satelliten empfangen, durch spiegelnde Reflexion zu uns gelangt.

4) Wenn man die Polarisation des atmosphärischen Lichtes in einer durch die Sonne gehenden Verticalebene beobachtet, so findet man, daß die Polarisation wächst bis gegen 90°; geht man noch weiter, so nimmt sie allmälich ab, verschwindet dann ganz und gar, und wechselt endlich ihr Zeichen. Diese Thatsache ist vollkommen richtig, so daß ein Beobachter, welcher der Sonne den Rücken zukehrt und den Punkt sucht, wo keine Polarisation sich zeigt, ziemlich gut das Azimut und die Höhe der Sonne würde bestimmen können. Wenn die englischen Physiker die Umkehrung in der Polarisationsrichtung nicht haben wahrnehmen können, so darf man sich darüber nicht wundern: sie haben dieselbe in der Nähe der Sonne gesucht, während man

sie auf der entgegengesetzten Seite suchen muß. Indeß hängt der Punkt, wo keine Polarisation beobachtet wird, nicht blos von dem Orte der Sonne, sondern auch von dem Zustande des Himmels ab, und das Vorhandensein einiger Wolken genügt, um ihn beträchtlich zu verschieben. Die Umkehrung der Polarisation scheint von vielfachen Reflexionen des Lichtes an den Lufttheilchen abzuhängen; doch muß man die Rechnung zu Hülfe nehmen, wenn man die Erklärung weiter führen will.

IV.

Construction eines Farbegradmessers. — Cyanometrie.*)

Das Instrument, dem Biot den Namen Farbegradmesser (colorigrade) beigelegt hat, verwirklicht und fixirt seiner Ansicht nach auf unveränderliche und vergleichbare Weise alle Farbennuancen, welche die natürlichen Körper darbieten können.

„Um das Princip dieses Instruments zu begreifen," setzt er hinzu, „muß man sich erinnern, daß den Newton'schen Principien zufolge alle von den natürlichen Körpern reflectirten Farben eine derjenigen darstellen oder nothwendig darstellen müssen, welche die Reihe der durch Reflexion in den dünnen Blättchen der Körper gebildeten farbigen Ringe zeigt. Diese Identität ist nicht, wie man lange Zeit geglaubt hat, auf eine hypothetisch angenommene Aehnlichkeit, sondern auf eine treue und strenge Analyse der physischen Eigenschaften des Lichtes und der Bedingungen, welche seine Durchlassung und seine Reflexion bestimmen, gegründet. Auch bestätigt die Erfahrung mit einer bis ins Einzelne gehenden Genauigkeit alle Folgerungen, die aus dieser Analogie bezüglich derjenigen Modificationen sich ergeben, welche die Farben der Körper sowohl durch die größere oder geringere Schiefe der einfallenden Strahlen gegen ihre Oberfläche, als auch durch die langsame und allmäliche Aenderung der Dimensionen

*) In den 4. Bd. der Annales de chimie et de physique vom Jahre 1817 aufgenommene Notiz.

oder der chemischen Zusammensetzung der Molecüle, welche sie bilden, u. s. w. erleiden müssen."

Wenn man ein weißes polarisirtes Lichtbündel durch eine krystallisirte Platte gehen läßt, und es dann mit einem doppeltbrechenden Prisma analysirt, so wird man bemerken, daß diejenige Farbe, welche beim Durchgange durch die Platte ihre ursprüngliche Polarisation verloren hat, die Farbe eines der reflectirten Ringe ist, und daß die andere die des entsprechenden durchgelassenen Ringes ist. Gewisse Platten können übrigens durch eine allmälich sich ändernde Neigung die ganze Reihe der Ringe hervorbringen. Dies vorausgesetzt, wird man leicht die ganze Einrichtung des Farbegradmessers begreifen.

„Dies Instrument besteht zunächst aus einem schwarzen Spiegel, der an einem Rohre angebracht ist und mittelst einer Schraube sich so neigen läßt, daß die von seiner Oberfläche in das Rohr reflectirten Strahlen polarisirt sind. Man erkennt, daß diese Bedingung erfüllt ist, wenn man beim Analysiren des reflectirten Lichtbündels mittelst eines achromatisirten Kalkspathprismas, das die Stelle des Oculars vertritt, vier Lagen findet, wo der Strahl sich nicht mehr theilt, sondern ganz in einem einzigen Sinne gebrochen wird. Ferner ist zur Erzeugung der Farben zwischen dem schwarzen Glase und dem Prisma eine senkrecht auf die Axe geschnittene krystallisirte Platte angebracht, die man durch eine Drehungsbewegung unter verschiedenen Winkeln neigen kann, jedoch stets in einer Einfallsebene, welche mit der Reflexionsebene auf dem schwarzen Glase einen Winkel von 45° bildet. Alsdann erscheinen die Farben der Ringe und ändern sich in dem Maaße, als die Platte geneigt wird."

Sollen die Aenderungen der Farben langsam eintreten, so muß man dünne Platten, namentlich aus Krystallen, deren polarisirende Kräfte schwach sind, anwenden. Der Bergkrystall eignet sich sehr gut zu diesem Zwecke; es ist aber unerläßlich, daß diese Platten überall dieselbe Dicke besitzen, denn sonst würde man anstatt einer gleichförmig gefärbten Scheibe in dem Gesichtsfelde eine Abstufung nahe liegender Nuancen erblicken, welche die Schärfe der Bestimmungen beeinträchtigten. Da die Bedingung des Parallelismus schwierig zu erfüllen

ist, so ist Biot darauf verfallen, an die Stelle der Bergkrystallplatten zwei übereinander gelegte Glimmerblättchen zu setzen, welche dieselben Wirkungen erzeugen; man wählt dazu ein sehr durchsichtiges und gleichförmig dickes Blättchen aus, welche Beschaffenheit man an der Gleichförmigkeit der Farben erkennt, in welche die polarisirten Strahlen, die seine verschiedenen Punkte durchdringen, getrennt werden. Man schneidet einen Theil davon in Gestalt eines Rechtecks ab, „dessen lange Seite doppelt so groß ist als die kurze, theilt dann dies Rechteck in zwei gleiche Quadrate, und legt dieselben aufeinander, jedoch mit der Vorsicht, daß die Ränder des Schnittes gegeneinander um einen rechten Winkel gedreht werden." Eine geringe Menge dicken Terpentins befestigt die beiden Blättchen in unveränderlicher Weise und beseitigt den Lichtverlust, der zwischen ihnen durch die Reflexion eintreten würde. „Unter senkrechter Incidenz und selbst bis zu einer Schiefe von einigen Graden nimmt dies System keinem der Molecüle seine ursprüngliche Polarisation. Wird es mehr geneigt, so beginnt es endlich ein unregelmäßiges Bild von einem schwachen und weißlichen Blau, wie das der ersten Ordnung der Newton'schen Ringe, zu geben; dieses Blau wird in dem Maaße, als man das System dreht, immer mehr und mehr weißlich und geht dann über in das Weiß der ersten Ordnung, von da ins Blasgelbe, Orange, Dunkelrothe und so fort, indem es die ganze Reihe der in der Newton'schen Tafel aufgeführten Farben durchläuft."

Biot glaubt, daß man mit diesem Apparate in aller Strenge die Farben der Körper wird bestimmen können, „indem man die Newton'sche Farbe bezeichnet, welcher sie entsprechen, und die Nuance dieser Farbe durch die des durchgelassenen Ringes charakterisirt, die gleichzeitig gegeben sein wird. Wenn man endlich eine noch größere Präcision wünschte, so würde man nur den Einfallswinkel genau anzugeben brauchen, bei welchem die fragliche Farbe erscheint, indem man Sorge trägt, auch diejenigen Incidenzen namhaft zu machen, wo sich am bestimmtesten einige charakteristische Farben der Newton'schen Tafel zeigen. Denn mittelst dieser Data würde man streng den Einfallswinkel berechnen können, der in jedem andern Apparate genau dieselbe Farbe erzeugen müßte; was diese Beobachtungsart in

aller Strenge vergleichbar macht. Endlich, setzt Biot hinzu, läßt sich der Farbegradmesser in ein sehr empfindliches und in seinen Angaben gleichfalls vergleichbares Cyanometer verwandeln. Es genügt dazu, den Knopf, welcher das System der Glimmerblättchen trägt, soweit zu drehen, daß diese Blättchen nicht mehr in der Bahn des polarisirten Strahles liegen, und dann an ihrer Stelle eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte von ungefähr 3^{mm} Dicke einzuschalten". Bei dieser Dicke erzeugt die Wirkung der polarisirenden Kräfte einen unregelmäßigen weißen Strahl, wenn das von dem Spiegel reflectirte Bündel, „das Krystallprisma, wodurch man es analysirt, durchdrungen hat. Dreht man je nach der Beschaffenheit der Kraft der angewandten Platte jenes Prisma von rechts nach links oder von links nach rechts, so verliert das weiße Bild allmälich seine wenigst brechbaren Strahlen, und geht auf diese Weise aus dem Bläulichweißen in die verschiedenen Nuancen des Blau, Indigo und fast des Violett über. Eine um das Rohr des Farbegradmessers angebrachte Kreistheilung dient zur Messung der Grade, welche man durchlaufen muß, um diese letztere Grenze zu erreichen, und alle Zwischengrade lassen sich zur Feststellung ebenso vieler Nuancen von hellerem oder dunklerem Blau verwenden, die in einem anderen Apparate genau durch dieselbe Drehung hervorgebracht werden, wenn der gesammte bis zum Violett durchlaufene Bogen derselbe ist, oder aber durch proportionale Drehungswinkel entstehen, wenn die ganzen Bogen in den gegebenen Fällen verschieden sind. Damit man sich eine Vorstellung von der Empfindlichkeit, deren diese Art von Angabe fähig ist, machen könne, begnüge ich mich anzuführen, daß bei der Platte, die an dem Farbegradmesser beim Vorzeigen desselben in der Akademie angebracht war, die gesammte Länge des von den verschiedenen Nuancen des Blau eingenommenen Bogens sich von 0° bis 75° erstreckte."

Es möge mir gestattet sein, dem vorstehenden Auszuge aus Biot's Abhandlung einige Bemerkungen beizufügen, die mich, falls sie ohne Antwort bleiben, an der großen Allgemeinheit, welche dieser geschickte Physiker seinem neuen Instrumente beizulegen scheint, zweifeln lassen würden. Ich will zunächst als eine durch den Versuch nachgewiesene Thatsache zugeben, daß die passend gerichtete Wirkung der

krystallisirten Blättchen zur Erzeugung der ganzen Reihenfolge von Farben, welche sowohl durch Reflexion als durch Brechung auf äußerst dünnen Luftschichten oder andern Körpern entstehen, dienen können; ich will ferner noch die Annahme machen, daß die meines Erachtens etwas hypothetische Aehnlichkeit, die Newton zwischen den Farben dünner Blättchen und den Farben der natürlichen Körper aufgestellt hat, im Allgemeinen begründet sei; und dessenungeachtet werde ich ein gewisses Bedenken tragen, in dem Farbegradmesser ein Mittel zur Realisirung aller Farbennuancen, welche diese Körper darbieten können, zu sehen.

In der That geht, wenn ein weißer Lichtstrahl auf ein dünnes Blättchen fällt und darin Ringe erzeugt, kein Strahl verloren: die durchgelassene Farbe gibt zur reflectirten hinzugefügt, stets Weiß. In unvollkommen durchsichtigen Körpern sind diese beiden Arten von Farben in Bezug auf die Nuance selten complementär, vielleicht sind sie es niemals in Bezug auf Intensität. Daraus folgt, wie alle Physiker dies empfunden haben, die Nothwendigkeit, anzunehmen, daß ein mehr oder minder beträchtlicher Theil des einfallenden Lichtes bei seinem Durchgange durch die Körper vernichtet, ausgelöscht, absorbirt wird. Obgleich die Gesetze dieser Absorption uns unbekannt sind, so wissen wir doch, daß sie wesentlich von denjenigen abweichen, von welchen die Zerlegung der weißen Lichtbündel an der zweiten Oberfläche durchsichtiger Häutchen abhängt. Ohne die Absorption würden die durch alle farbigen Mittel durchgelassenen Farben in die Klasse derjenigen eintreten, welche der Farbegradmesser zu realisiren vermag; nach der Absorption, an welcher die Farben des Instruments nicht theilnehmen, ist zwischen den beiden Phänomenen keine Gleichheit mehr vorhanden. Ich glaube z. B. nicht, daß es in der ganzen Reihe der verschiedenen Nuancen von Blau, welche die Bewegung der Glimmerblättchen hervorruft, eine einzige gibt, welche mit dem von gewissen farbigen Gläsern durchgelassenem Blau verglichen werden kann, das nach einer wichtigen Bemerkung von Young bei der Zerlegung durchs Prisma ein aus sieben durch dunkle Zwischenräume getrennten Theilen, nämlich aus zwei rothen, einem grünlich gelben, einem grünen,

einem blauen, einem violblauen und einem violetten bestehendes Spectrum erzeugt*). Wenn die Dicke des Glases zunimmt, so werden diese Farben nicht im Verhältniß zu derselben schwächer; das zweite Roth ist z. B. bereits vollständig verschwunden, wenn das erste noch sehr hell ist; die durch eine gewisse Dicke dieses Glases durchgelassene Farbe würde also in den Farben der Ringe ihr Analogon finden können, ohne daß diejenige, welche einer andern Dicke entspräche, sich ebenso verhielte. Sollten diese Bemerkungen, die ich dem Scharfsinne Herrn Biot's unterwerfe, nicht schon beweisen, daß der neue Farbegradmesser durchaus nicht fähig ist, die durchgelassenen Farben wiederzugeben?

Wenn ich mich nicht täusche, so treten dieselben Bedenken bei den reflectirten Farben ein. Die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper bilden, kommen aus ihrem Innern; dies scheint besonders dadurch bewiesen zu werden, daß sie unter allen Neigungen wie durchgelassenes Licht polarisirt sind, wie ich sogar für die Farbe der Metalle gefunden habe. Wenn der Körper undurchsichtig ist, so läßt er die Strahlen nur auf geringe Tiefe eindringen; auf diesem kurzen Wege kann aber eine sehr merkliche Absorption eintreten. Eine ebensolche Absorption werden auch die Strahlen erleiden können,

---

*) Die Physiker haben einstimmig die Beobachtung der Dispersion, welche das Licht beim Durchgange durch Mittel von beträchtlicher brechender Kraft erleidet, zu den schwierigsten in der Optik gezählt. Die beiden Enden eines prismatischen Spectrums, und besonders das violette Ende sind schlecht begrenzt; die dazwischen liegenden Nuancen verschmelzen so zu sagen in einander, so daß es z. B. unmöglich ist, mit einiger Genauigkeit die Trennungslinie des Gelb und Grün anzugeben. Das im Texte erwähnte blaue Glas kann dann, wie ich mich überzeugt habe, von großem Nutzen sein. Stellt man es vor das Ocular des Fernrohrs, während das Prisma sich vor dem Objective befindet, so erblickt man ein unterbrochenes Spectrum; man richtet den Mikrometerfaden auf die Mitte der schwarzen Intervalle und bestimmt dadurch die Brechung der Strahlen, welche das Glas absorbirt. Die Messungen werden auf diese Weise genau und vergleichbar, welches auch die Beschaffenheit des Prismas sein möge, wofern man sich stets desselben blauen Glases bedient.

welche, nachdem sie eine größere Dicke eines halbdurchsichtigen Körpers durchdrungen haben und in seinem Innern reflectirt worden sind, zu dem Auge gelangen. Vor der Absorption würden die durch Reflexion gesehenen Farben unter denen der farbigen Ringe oder des Farbegradmessers die ihnen entsprechenden gefunden haben. Wird dies auch noch statt finden, wenn sie durch Wegnahme einiger der Strahlen, aus denen sie bestanden, modificirt worden sind? Soviel scheint mir einerseits sicher, daß zu allen Zeiten und in allen Klimaten Biot's neues Instrument die Mittel gewährt, dieselben Farbenarten herzustellen, was eine sehr schätzenswerthe Eigenthümlichkeit ist; andererseits aber halte ich es für zweifelhaft, daß sich dadurch alle die Farben, welche die natürlichen Körper darbieten, werden realisiren lassen.

Biot's neues Cyanometer scheint ebenfalls zu einigen Bedenken Anlaß zu geben. Die verschiedenen Theile, woraus das Instrument besteht, gewähren die Mittel allmälich von bläulichem Weiß zu den verschiedenen Nuancen des Blau, Indigo und fast des Violett überzugehen. Ist dies aber dieselbe Aenderung, welche die Farbe der Atmosphäre zeigt? Sind nicht die verschiedenen Nuancen, welche sie in verschiedenen Höhen vom Horizonte bis zum Zenith, in den Ebenen und in den Gebirgen, nahe am Pole und unter dem Aequator, im Winter und im Sommer u. s. w. zeigt, Mischungen einer einzigen Nuance von Blau mit mehr oder weniger beträchtlichen Mengen weißen Lichtes? Wenigstens hatte dieser Vorstellung entsprechend Saussure sein Cyanometer construirt und den Ton der verschiedenen blauen Streifen, woraus dies Instrument besteht, und die bekanntlich durch mehr oder minder schnelle Abstufungen vom Schwarzen zum Weißen übergehen, graduirt.

Das der Atmosphäre eigenthümliche Blau findet sich, wie es mir vorgekommen ist, in der Reihe der Farben, die man erhält, wenn man ein weißes polarisirtes Lichtbündel durch eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte von 5^{mm} Dicke gehen läßt und dann mit einem doppeltbrechenden Prisma zerlegt. Dies Blau wird ohne seine Nuance zu ändern in dem Maaße allmälich immer weißer, je beträchtlichere Quantitäten nicht polarisirten Lichtes das analysirte

Lichtbündel enthält. Wenn die Strahlen, welche die Bergkrystallplatte durchdringen sollen, zuvor von einer Glasfläche unter einem Winkel von ungefähr 35° reflectirt werden, so beobachtet man ein sehr intensives Blau, das von dem Blau der Atmosphäre vielleicht niemals erreicht oder übertroffen wird. Geschieht die Reflexion bei senkrechter Incidenz, so erscheint das Gesichtsfeld ganz farblos. Zwischen diesen beiden Grenzen liegen nun mehr oder weniger geschwächte Blau, und unter ihnen wird der Beobachter diejenige Nuance auswählen können, die einem gegebenen Zustande der Luft am besten entspricht. Um sicher zu sein, zu allen Zeiten dieselbe Farbe wieder zu finden, wird es genügen die Neigung des reflectirenden Spiegels anzumerken: man wird so eine Skala von 55° für alle Nuancen, welche die Atmosphäre darbieten kann, erhalten.

Dies sind die Principien, auf welche sich das vor zwei Jahren von mir construirte Cyanometer gründet, dessen Anzeige Biot in das Bulletin de la Société philomatique vom Januar 1817 aufgenommen hat. Ein messingenes Rohr von 1 Centimeter Durchmesser und 1 Decimeter Länge, an dem einen Ende durch eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte von 5^{mm} Dicke, und am andern durch ein doppeltbrechendes achromatisirtes Prisma geschlossen; und ein den Reflectoren, welche man vor die Objective der Fernröhre stellt, um in der Nacht den Mikrometerfaden zu beleuchten, ähnliches Stück, das eine auf ihrer zweiten Fläche geschwärzte Glasplatte zu tragen bestimmt ist, bilden das ganze Instrument. Ich habe vorhin angeführt, wie man die Beobachtungen anstellt; würde es aber, um auf diese Weise vergleichbare Angaben zu erhalten, nicht erforderlich sein, daß das Licht, welches das reflectirende Glas in das Rohr sendet, stets weiß sei? Ist es einerseits erlaubt anzunehmen, daß das atmosphärische Licht ohne Farbe ist, wenn es andererseits gerade die Intensität seiner Färbung ist, die man bestimmen will? Woher kommt es, daß man zu einem Polarisationsapparate seine Zuflucht nehmen muß, um das reflectirte Bündel blau zu färben, das doch von einem Punkte des Himmels ausgegangen ist, der bereits eben diese Farbe besaß? Man kann allerdings die reflectirende Glasfläche und folglich auch das Gesichtsfeld nur mit dem Lichte beleuchten, das ein Blatt schön

weißes Papier aussendet; dieser Kunstgriff hat aber den Uebelstand, das Instrument zu compliciren und die Lebhaftigkeit der depolarisirten Farben zu schwächen. Ich schätze mich übrigens glücklich, bemerklich gemacht zu haben, daß diese Bedenken, wenn sie ja diesen Namen verdienen, ebenso den Apparat Biot's treffen, weil dies ein Grund ist zu hoffen, daß sie bald werden aufgeklärt werden, und daß dann Alles uns berechtigen wird, die Resultate, welche das neue Cyanometer zu liefern vermag, als zuverlässig zu betrachten.

Ueber die Stoßwirkung der Sonnenstrahlen.

Nach einer der Erklärungen, welche Keppler von der Entstehung der Kometenschweife gegeben, sollte diese Erscheinung davon abhängen, daß durch eine Stoßwirkung der Sonnenstrahlen Theilchen vom Körper des Gestirns losgerissen werden; doch scheint es nicht, daß dieser große Astronom eine solche Stoßwirkung jemals durch directe Versuche nachzuweisen versucht habe. In Ermangelung solcher Versuche macht Hartsöcker in seinen Principien der Physik einige Naturerscheinungen als seiner Ansicht nach augenfällige Beweise für das Statthaben dieser Stoßwirkung geltend: so ist nach ihm die Donau Morgens, wo der Strom der Sonne entgegenfließt, minder reißend als Abends, wo sie sich in Richtung der Sonnenstrahlen bewegt. Aus derselben Ursache soll sich nach ihm eine Strömung erklären, welche man im Golf du Lion längs der Küsten beobachtet, ferner der Rücktritt des Rauchs der Kamine in das Innere der Zimmer, u. s. w. Nach dieser kleinen Probe erlassen uns die Leser gewiß die Anführung der anderweiten Beweise, durch welche Hartsöcker seine Ansicht noch zu stützen sucht.

Homberg, dem seitens der Akademie der Wissenschaften mehrmals unverdienterweise die prüfende Wiederholung seiner Versuche anvertraut wurde, sahe seinerseits gewisse Bewegungen, die er an Amianthfäden im Brennraume einer Linse wahrgenommen hatte, als Stoßwirkungen der Sonnenstrahlen an, und bemerkt dazu: „er habe gesehen, als er den Focus einer Linse von 12 bis 13 Zoll (0,35 Meter) Durchmesser wiederholt auf das freie Ende einer ela-

stischen Feder auffallen ließ, daß diese in sehr merkliche Oscillationen gerieth, als wenn sie mit einem Stabe angestoßen würde."

Diese Versuche wurden bald im Schooße der Akademie selbst einer Discussion durch Mairan und Dufay unterzogen. „Wir construirten, (sagt Mairan,) Herr Dufay und ich, eine Art sehr beweglichen Drehrädchens (moulinet) aus Kupfer, und ließen den Focus einer Linse von 7 bis 8 Zoll (0,16 bis 0,18 Meter) Durchmesser darauf fallen, ohne etwas Anderes als zweifelhafte Erzitterungen dadurch hervorzurufen. Ich habe mir seitdem eine noch leichtere und künstlicher aufgehangene Maschine verschafft, ein horizontales eisernes Rad nämlich, von ungefähr 3 Zoll (0,08 Meter) Durchmesser, mit 6 Speichen, deren jede am Ende einen kleinen schief gestellten Flügel trägt, und dessen Axe, ebenfalls von Eisen, mit ihrem obern Theile nur am Ende eines magnetischen Eisenstäbchens hängt. Das Rad sammt seiner Axe wiegt im Ganzen nur 30 Gran ($1^1/_2$ Gramme). Nichts ist beweglicher als dieses Rädchen; zugleich aber Nichts unsicherer, als die Anzeichen, die man daraus zu Gunsten einer Stoßwirkung der Sonnenstrahlen zu ziehen versuchen möchte. Die Maschine dreht sich bald in dieser, bald in jener Richtung, je nachdem man einen ihrer Flügel dem Focus mehr oder weniger diesseits oder jenseits nähert, u. s. w." (Traité de l'aurore boréale, S. 371.)

So entscheidend diese Versuche erscheinen, vermochten sie doch selbst sehr einsichtige Forscher später nicht davon abzuhalten, die Bewegungen, welche man an einem im Focus einer großen Linse geschmolzenen Kügelchen von Gold oder einem andern Metalle beobachtet, als durch eine Stoßwirkung der Sonnenstrahlen hervorgerufen anzusehen (s. Macquer, Dictionnaire de chimie).

Dies ist der Stand der Frage, in welchem Herr Flaugergues im J. 1816 sich derselben annahm. Zu ihrer Entscheidung ersann er einen Versuch, der uns nicht vortheilhaft angeordnet zu sein scheint. Folgendes ist nämlich der Weg, auf dem er alle Zweifel gehoben zu haben glaubt.

Er befestigte ein an beiden Enden verschlossenes Rohr von Weißblech von 3,25 Meter Länge vertical an der südlichen Wand seines Ob-

servatoriums. Ein am oberen Ende befestigter Silberdraht hing frei in der Axe des Rohrs herab und trug eine geschwärzte Messingkugel von ungefähr 6 Millimeter Durchmesser. Ein zweites, seitlich in das erste eingesetztes Rohr war an seinem Ende mit einer biconvexen Linse von 0,10 Meter Durchmesser verschlossen. Der Focus dieser Linse fiel genau mit der vom Drahte getragenen Metallkugel zusammen. Ließ man nun die Sonnenstrahlen Mittags durch das seitliche Rohr eintreten, so mußten sie die Kugel sammt dem Drahte nach Norden treiben, falls diese Strahlen, wie vorausgesetzt worden, eine merkliche Stoßwirkung zu äußern vermögen: und es war leicht zu erkennen, ob der Draht sich aus der verticalen Lage entfernte, indem man bei jedem Versuche, vor Zulassung der Sonnenstrahlen in das Rohr, Sorge trug, sich zu vergewissern, daß sein Bild durch den Kreuzungspunkt der Fäden des an einem vortrefflichen Mikroskope angebrachten Mikrometers ging. Niemals aber, sagt Flaugergues, hat die plötzliche Einwirkung der von der Linse gebrochenen Strahlen eine Verrückung der Kugel zuwege gebracht, niemals ist der Silberdraht aus seiner verticalen Lage gewichen. Nur zuweilen „bemerkte man eine leichte Erzitterung; aber diese dauerte nur einige Augenblicke, und der Draht kehrte sehr schnell wieder zu seiner ersten Unbeweglichkeit zurück.“

Bei der anerkannten Geschicklichkeit des Herrn Flaugergues wird man mit uns darüber erstaunt sein, daß er hoffen konnte, die Stoßwirkung der Sonnenstrahlen durch den Conflict mit einer so beträchtlichen Kraft bemerklich zu machen, als nöthig ist, einen mit einer Kupferkugel von 6 Millimeter Durchmesser belasteten Draht aus der Verticalen zu entfernen; ein horizontaler Hebel, wie der von Mairan und Dufay, würde ohne Vergleich empfindlicher gewesen sein, zumal bei einer Aufhängung an einem ungedrehten Faden. Dieses Mittel, dessen volle Genauigkeit durch die Versuche von Coulomb constatirt ist, hat vor einer großen Zahl von Jahren zu der in Rede stehenden Untersuchung gedient. So findet man in Priestley's Geschichte der Optik (S. 282) die Beschreibung des Apparats, den Michell dazu anwandte, welchem Cavendish die bei der Bestimmung der mittleren Erddichtigkeit von ihm befolgte Methode entlehnt hat. Ein ausnehmend dünnes Kupferblättchen von 7 Quadr.-Centimeter wurde an das Ende eines

24 *

dünnen Claviersaitendrahts von ungefähr 0,27 Meter Länge befestigt. Ein Achathütchen, ähnlich dem der Boussolen-Nadeln, ruhte auf einer sehr scharfen Spitze und trug den Draht. Das Totalgewicht des Apparats stieg nicht über $^6/_{10}$ Gramme; ein Glasgehäuse schützte alle Theile vor den Bewegungen der äußeren Luft. Als nun das Sonnenlicht mittelst eines Concavspiegels von 60 Centimeter Durchmesser auf die kleine Kupferplatte geworfen ward, sah Michell zu wiederholten Malen den Hebel sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 0,027 Meter in der Secunde bewegen; und diese schwache Bewegung glaubte er auf Rechnung der Stoßwirkung der Sonnenstrahlen schreiben zu können.*) Aber ist es nicht natürlicher, sie von den

---

*) Michell berechnet nach der Voraussetzung, daß die am Ende des Hebelarms beobachtete Bewegung von 0,027 Meter in der Secunde von dem Stoße der Sonnenstrahlen abhinge, die Masse des gesammten Lichtbündels, welche binnen 1 Secunde auf die kleine Kupferplatte fiel; aber seine Rechnung ist unrichtig. In folgender Weise ließe sie sich nach seinen eigenen Datis berichtigen. Nehmen wir an, das Licht falle während der ganzen Dauer der ersten Secunde senkrecht auf den Hebelarm ein, und sein Stoß erstrecke sich nur auf einen kleinen Theil der am Ende des Armes angebrachten Platte; außerdem sei der Hebelarm in seinem Schwerpunkte unterstützt. Dieß vorausgesetzt, wenn man mit r die Länge des Bogens bezeichnet, der von dem Ende des Hebels in 1 Zeitsecunde beschrieben wird, mit h den Raum, welchen das Licht in derselben Zeit zurücklegt, mit p die Lichtmasse, welche auf den Hebel in 1 Secunde fällt, und mit m die Masse des Hebels, so hat man:

$$p = \frac{2}{3} m \frac{r}{h}$$

Michell findet als Verhältniß von r zu h das von 1 zu 12000000000; m betrug 600 Milligramme; die Masse p würde also $\frac{2}{3}$ von $\frac{600}{12000000000}$ Milligramme oder den dreißigmillionsten Theil eines Milligrammes betragen.

Die Ausdehnung der Oberfläche des Michell'schen Spiegels betrug ungefähr 32 Qu.-Decimeter, und da ein Metall nur etwa die Hälfte des auffallenden Lichtes zurückwirft, ist dies so gut, als wenn sie blos 16 Qu.-Decimeter betragen hätte, wonach man $\frac{1}{30000000}$ Milligramme für die Lichtmasse erhält, welche binnen 1 Zeitsecunde auf eine Fläche von 16 Qu.-Decimeter fällt, und $\frac{1}{480000000}$ für die, welche 1 Qu.-Decimeter entspricht. Wollte man hiernach berechnen, wie groß die Quantität der Lichtmaterie ist, welche binnen 1 Secunde von einem auf der Sonne genommenen Quadratdecimeter ausstrahlt, so würde man in Rücksicht zu nehmen haben, daß die Dichtigkeit des Lichtes an der Oberfläche dieses Gestirnes im Ver-

Luftströmen abhängig zu machen, welche nothwendig im Innern des Gehäuses eintreten mußten? In der That berichtet Michell, daß die beträchtliche Erhitzung, welche die kleine Kupferplatte während seiner Versuche erfuhr, bald die Gestalt und Lage derselben änderte, so daß sie merklich von der ihr anfangs gegebenen verticalen Stellung abwich, und daß sie dann, unter dem Einflusse des aufsteigenden Stroms nach Art eines Windmühlflügels wirkend, anstatt immer vor dem Lichtstrahl zurückzuweichen, manchmal eine Bewegung in entgegengesetztem Sinne annahm und demselben so zu sagen entgegenkam. Sollte man auch übrigens annehmen wollen, daß die Kupferplatte anfangs völlig ver-

---

hältniß von 45000 zu 1 größer als auf der Erde ist, und daß mithin 1 Qu.-Decimeter in der Secunde $\frac{45000}{480000000}$ Milligramm $= \frac{1}{10700}$ Milligramme, d. i. in einem Tage etwas mehr als 8 Milligramme zu liefern hat. Das gibt ungefähr 18 Kilogrammen binnen 6000 Jahren. Ein solcher Gewichtsverlust für den Quadratdecimeter der Sonnenoberfläche würde nach 600 Jahrhunderten nur eine Verkleinerung des Durchmessers um 4, 5 Meter herbeiführen, selbst unter der Voraussetzung, daß die Dichtigkeit dieses Gestirns die des Wassers nicht überträfe. Die im Texte angeführten Versuche von Bennet würden noch ohne Vergleich geringere Ergebnisse finden lassen.

Franklin hatte in einem seiner Werke die mangelnde Stoßwirkung der Sonnenstrahlen als einen sehr starken Einwand gegen die Emissionstheorie geltend gemacht. „Müssen nicht, sagt er, die kleinsten Theilchen der Materie mit einer größeren Kraft als die abgeschossene Kugel eines Vierundzwanzigpfünders begabt sein?" (Man sehe Experiments and Observations on Electricity, 1769, S. 264).

In Erwiederung auf diesen Einwand zeigte Horsley durch eine sehr einfache Rechnung, daß die Stoßkraft eines sphärischen Molecüls von der dreifachen Dichtigkeit des Eisens und einem Durchmesser gleich dem millionsten Theile eines Vierzigtausendstel Millimeters, die einer eisernen Kugel von 6 Millimeter Durchmesser nicht übertreffen würde, welche 30 Centimeter in hundert vier und vierzig millionmal Millionen Jahren durchliefe.

Hiernach erscheint es sehr zweifelhaft, daß man in Betrachtungen dieser Art jemals entscheidende Argumente zu Gunsten des einen oder andern der beiden Systeme wird finden können, zwischen welchen die Ansicht mancher Physiker noch schwankt. Wir wollen diese Anmerkung nicht schließen, ohne in Erinnerung zu bringen, daß jede Veränderung der Sonnenmasse eine seculare Ungleichheit in der Bewegung der Erde erzeugen würde, welche den astronomischen Beobachtungen nicht hätte entgehen können, sollte auch diese Veränderung binnen 2000 Jahren nicht über ein Zehnmilliontel der ursprünglichen Masse betragen (Vergl. Mécanique céleste, t. IV, p. 325).

tical war, und daß sich keine Luftströme im Gehäuse bildeten, so würde man doch die Bewegung, von welcher er berichtet, sehr natürlich, wie schon von Dr. Thomas Young geschehen, dadurch erklären können, daß, da die Luft an der Fläche, auf welche das Licht fiel, stärker als an der entgegengesetzten erhitzt ward, dieser Temperaturüberschuß einen Drucküberschuß auf derselben Seite hervorrufen und mithin eine rückgängige Bewegung des Hebels erzeugen mußte. Im Uebrigen würden die Versuche Bennet's, von denen uns noch zu sprechen übrig bleibt, jeden Zweifel, den man etwa in dieser Hinsicht noch hegen könnte, zu heben geeignet sein, da sie im luftleeren Raume angestellt sind. „Ich befestigte, sagt dieser Forscher, an das Ende eines sehr feinen Golddrahtes von 3 Zoll (0,076 Meter) Länge, welcher an einem Spinnefaden in einem Glascylinder aufgehangen war, ein kleines kreisförmiges Stückchen Schreibpapier, und ließ dann den Focus einer großen Linse auf das Papier fallen, um zu sehen, ob es nicht durch den Anstoß der Sonnenstrahlen aus der Stelle getrieben würde; aber, obschon dieser Versuch oft wiederholt und einmal selbst die Luftleere im Recipienten hergestellt wurde, vermochte ich doch keine andern als solche Bewegungen wahrzunehmen, welche ihren Ursprung der Erhitzung verdankten.“ (Philos. transact. für 1792, S. 87.)

Die Spinnefäden haben, sei es ihrer ausnehmenden Dünne, sei es ihrer klebrigen Beschaffenheit wegen, nur eine sehr schwache Torsionskraft. Bennet hat hierauf bezügliche Versuche von Interesse angestellt, welche die außerordentliche Empfindlichkeit dieser Aufhängungsmethode beweisen, darunter folgenden. Ein sehr feiner Klaviersaitendraht von 76 Millimeter Länge, in einer Kerzenflamme zum Rothglühen erhitzt und in die Richtung des magnetischen Meridians gelegt, erlangte beim Erkalten durch den Einfluß des Erdkörpers eine schwache Richtkraft. Derselbe ward darauf an einem Spinnefaden von 76 Millimeter Länge aufgehangen und am Nordpol mittelst Firniß ein Haar angeklebt, welches als Zeiger diente, um die kleinsten Verrückungen an einer getheilten Skala von Elfenbein anzugeben. In diesem Zustande ließ man den magnetischen Draht so wie den Spinnefaden, welcher denselben trug, mittelst eines außen angebrachten Magnets über 1000 Umdrehungen machen. Und doch nahm der Draht nach

dem Zurückziehen des Magnets sofort, und ohne Zurückdrehung, die Lage wieder ein, die er zu Anfange gehabt hatte. Tausend Umdrehungen reichen also nicht hin, einem Spinnefaden von 76 Millimeter Länge eine Torsionskraft zu ertheilen, die sich bemerklich machen ließe, selbst wenn man sie der schwachen Richtkraft entgegensetzt, welche ein kurzer und dünner Eisendraht beim Erkalten durch Einwirkung des Erdkörpers erlangt. Bei andern Versuchen hatte sich ein Spinnefaden von 63 Millimeter Länge, welchen man 18000 Umdrehungen um sich selbst hatte machen lassen, um 25 Millimeter verkürzt, ohne daß man im Stande war, durch die feinsten Versuchsmittel das Dasein einer Torsionskraft zu entdecken. Wie leicht zu erachten, sind diese Methoden ohne Vergleich genauer als die von Herrn Flaugergues eingeschlagenen, und wird sich demnach in der Frage über die Stoßwirkung des Lichtes nichts Entscheidendes vornehmen lassen, außer im leeren Raume und mit Hülfe der Drehwage.

Das Daguerreotyp.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

In der Sitzung der Akademie der Wissenschaften vom 7. Januar 1839 gab ich die erste allgemeine Nachricht von der schönen Entdeckung, welche man Herrn Daguerre verdankt, und über welche bis dahin nur irrige Ansichten im größeren Theile des Publicums herrschten. Folgendes sind ungefähr die Worte, die ich gebrauchte:

„Jedermann kennt den optischen Apparat, welcher den Namen Camera obscura oder finstere Kammer führt, und dessen Erfindung von J. B. Porta herrührt; Jedermann hat bemerkt, mit welcher Nettigkeit, welcher Wahrheit in Farbe und Ton die äußeren Gegenstände sich auf dem Schirme darstellen, welcher in dem Focus der großen Linse angebracht ist, die den wesentlichsten Theil dieses Instruments bildet; Jedermann hat mit der Bewunderung dieser Bilder das Bedauern verbunden, daß sie nicht haltbar zu machen sind.

„Diesem Bedauern wird fernerhin der Grund fehlen. Hr. Daguerre hat eigenthümliche Schirme erfunden, auf welchen das optische Bild einen vollkommenen Abdruck hinterläßt; Schirme, worauf Alles, was im Bilde zu sehen war, bis in die kleinsten Details mit unglaublicher Genauigkeit und Schärfe sich darstellt. Ja man würde ohne Uebertreibung sagen können, daß der Erfinder den Weg entdeckt habe, die Bilder zu fixiren, wenn auch die Farben durch seine Methode festgehalten würden; aber ich muß gleich anfangs bemerken, um einen Theil des Publikums in dieser Hinsicht zu enttäuschen, es gibt in den Bildern,

den Copieen des Herrn Daguerre ebenso wie in einer schwarzen Kreidezeichnung, einem Stich mit dem Grabstichel oder noch besser (denn dieser Vergleich trifft noch genauer) einem Stich in schwarzer Manier oder in Aqua tinta, blos Schwarz, Weiß und Grau, Licht, Schatten und Halbtinten. Mit einem Worte, in der Camera obscura des Herrn Daguerre stellt das Licht selbst die Formen und Verhältnisse der äußeren Gegenstände mit einer fast mathematischen Genauigkeit dar; die photometrischen Verhältnisse der weißen, schwarzen, grauen Theile bleiben genau gewahrt, aber das Roth, Gelb, Grün u. s. w. erscheint nur in der Form von Halbtinten; denn die Methode liefert blos Zeichnungen, nicht Gemälde in Farben.

„Die hauptsächlichsten Erzeugnisse seiner neuen Verfahrungsarten, welche Hr. Daguerre drei Mitgliedern der Akademie, den Herren v. Humboldt, Biot und Arago, vorgelegt hat, sind: eine Ansicht der großen Galerie, welche den Louvre mit den Tuilerien verbindet, eine Ansicht der Cité und der Thürme von Notre-Dame, Ansichten der Seine und mehrerer Brücken derselben, Ansichten einiger Barrièren der Hauptstadt. Alle diese Bilder vertragen die Untersuchung mit der Loupe, ohne etwas von ihrer Schärfe zu verlieren, wenigstens was die Gegenstände anlangt, die während der Erzeugung der Bilder unbeweglich blieben.

„Die Zeit, welche erforderlich ist, eine Ansicht mit kräftigen Tönen zu Stande zu bringen, ist verschieden, je nach der Intensität des Lichtes, demgemäß nach Tagesstunde und Jahreszeit. Im Sommer und bei vollem Mittag reichen 8 bis 10 Minuten hin. In andern Klimaten, wie in Aegypten, würden wahrscheinlich 2 bis 3 Minuten genügen.

„Das Verfahren des Herrn Daguerre hat nicht allein die Entdeckung einer für die Lichtwirkung empfänglichen Substanz erfordert, welche alle, womit sich die Physiker und Chemiker seither beschäftigt haben, an Empfindlichkeit übertraf, sondern auch die Erfindung eines Mittels, ihr diese Eigenschaft beliebig wieder zu entziehen. Und beides ist Herrn Daguerre gelungen. Seine Bilder können, wenn sie fertig sind, dem vollen Sonnenlichte ausgesetzt werden, ohne eine Veränderung zu erleiden.

„Es ist nicht blos die ausnehmende Empfindlichkeit, durch welche die von Herrn Daguerre entdeckte Präparationsmethode in Vortheil gegen die unvollkommenen Versuche ist, die man seither gemacht hatte, Silhouetten auf einer Schicht von Chlorsilber zu erzeugen. Dieses Salz ist weiß und wird durch die Einwirkung des Lichtes geschwärzt; die weißen Stellen der Bilder gehen also in Schwarz über, während die schwarzen weiß bleiben. Auf den Schirmen des Herrn Daguerre dagegen stimmt das Abbild in dieser Hinsicht vollkommen mit dem Urbild überein; das Weiß entspricht dem Weiß, die Halbtinten den Halbtinten, das Schwarz dem Schwarz.

„Man begreift leicht, welche Hülfe die Erfindung des Herrn Daguerre den Reisenden wird gewähren können, welchen Vortheil schon jetzt namentlich die gelehrten Gesellschaften wie die Privatpersonen davon werden ziehen können, die sich mit so viel Eifer der graphischen Darstellung der in den verschiedenen Theilen des Königreichs verbreiteten Monumente der Architectur unterziehen. Die Leichtigkeit und Genauigkeit, mit welcher die neuen Verfahrungsarten zu arbeiten gestatten, weit entfernt, der so achtbaren Classe der Zeichner Abbruch zu thun, wird ihnen einen Zuwachs der Beschäftigung bringen; sie werden sicher fortan weniger in freier Luft, aber viel mehr in ihren Ateliers zu thun finden.

„Das neue Reagens scheint auch den Physikern und Astronomen sehr schätzbare Mittel der Untersuchung zu versprechen. Infolge einer Aufforderung seitens der schon genannten Akademiker hat Hr. Daguerre das im Focus einer mäßigen Linse erzeugte Bild des Mondes auf einen seiner Schirme geworfen, und es hat einen deutlichen weißen Abdruck hinterlassen. Als ehemals ein entsprechender Versuch mit Chlorsilber durch eine Commission der Akademie, bestehend aus den Herren Laplace, Malus und Arago, angestellt wurde, kam kein merklicher Erfolg zu Stande. Vielleicht wurde die Einwirkung des Lichtes nicht lange genug fortgesetzt. Jedenfalls wird Hr. Daguerre der Erste gewesen sein, welcher mittelst der Lichtstrahlen unseres Trabanten eine bemerkliche chemische Wirkung hervorgebracht hat.

„Die Erfindung des Herrn Daguerre ist die Frucht einer fortgesetzten Arbeit mehrerer Jahre, wobei er seinen Freund, den verstorbenen

Herrn Niepce in Chalons-sur-Saône zum Mitarbeiter gehabt. Für seine Mühen und Kosten eine Schadloshaltung suchend, konnte dieser ausgezeichnete Künstler sich nicht verhehlen, daß ein Erfindungs-Brevet seinem Zwecke nicht dienen würde; einmal zur öffentlichen Kenntniß gebracht, standen seine Verfahrungsarten Jedermann zu Gebote. Es erscheint also unerläßlich, daß die Regierung Herrn Daguerre direct entschädige, und daß Frankreich dann der ganzen Welt mit jener Entdeckung, welche so viel zu den Fortschritten der Künste und Wissenschaften beizutragen verspricht, ein großmüthiges Geschenk mache. In diesem Bezuge werde ich einen Antrag an das Ministerium oder an die Kammern stellen, sobald Hr. Daguerre, welcher sich bereit erklärt hat, mich in alle Details seiner Methode einzuweihen, mir bewiesen haben wird, daß diese Methode mit den bewundernswürdigen Vorzügen, von denen die schon erhaltenen Resultate ein so glänzendes Zeugniß geben, auch noch den von ihm angekündigten verbindet, wohlfeil und leicht auszuführen, und jeden Orts von Reisenden anwendbar zu sein."

Gemäß der vor der Akademie der Wissenschaften eingegangenen Verpflichtung verständigte ich mich alsbald mit dem Minister des Innern über die Vorlage eines Gesetzentwurfes an die Kammern, zu dem Zweck, das Publikum in Besitz der Entdeckung zu setzen, durch welche man im Stande ist, die Bilder der Camera obscura zu fixiren. Dieser Gesetzentwurf lautete so:

„Art. 1. Die vorläufige Uebereinkunft, welche am 14. Juni 1839 zwischen dem für Rechnung des Staats verhandelnden Minister des Innern, und den Herren Daguerre und Niepce Sohn abgeschlossen worden ist, wird genehmigt.

„Art. 2. Herrn Daguerre wird eine lebenslängliche jährliche Pension von 6000 Fr., Herrn Niepce Sohn eine lebenslängliche jährliche Pension von 4000 Fr. bewilligt.

„Art. 3. Diese Pensionen werden in das Buch der Civilpensionen des öffentlichen Schatzes eingetragen und sind zahlbar von der Kundmachung gegenwärtigen Gesetzes an; sie werden den Prohibitivgesetzen gegen die Cumulation nicht unterliegen; sie werden zur Hälfte auf die Wittwen der Herren Daguerre und Niepce übergehen."

Der Deputirtenkammer legte ich am 3. Juli 1839 im Namen einer zur Prüfung dieses Gesetzentwurfes ernannten Commission *) einen beifälligen Bericht vor, worin ich mich wie folgt ausdrückte:

„Das Interesse, welches man in und außerhalb dieser Versammlung für die Arbeiten, deren Erzeugnisse jüngst von Herrn Daguerre dem Publikum vorgelegt worden sind, bezeugt hat, ist lebhaft, außergewöhnlich und einstimmig gewesen. Auch erwartet die Kammer aller Wahrscheinlichkeit nach von ihrer Commission blos eine ganz einfach ausgesprochene Zustimmung zu dem von dem Herrn Minister des Innern vorgelegten Gesetzentwurfe. Nach reiflicher Erwägung indeß schien uns, daß der Auftrag, mit dem wir betraut waren, noch andere Forderungen an uns stellte. So beifallswürdig sich der glückliche Gedanke darstellte, Nationalbelohnungen für Erfinder auszusetzen, deren Interessen auf dem gewöhnlichen Wege der Patente nicht gewahrt werden konnten, so wichtig erschien uns von anderer Seite, beim ersten Schritte auf dieser neuen Bahn zu zeigen, mit welcher Vorsicht, welchem Rückhalt die Kammer darauf eingehe. Indem wir die geniale Leistung, über die wir uns heute auszusprechen haben, einer strengen und ins Einzelnste gehenden Prüfung unterwerfen, beabsichtigen wir, ehrgeizige Mittelmäßigkeiten zu entmuthigen, die ihrerseits versuchen möchten, Erzeugnisse gewöhnlichen Schlages, welche keine Zukunft haben, in diese Versammlung einzuschwärzen; denken wir zu beweisen, daß Sie gemeint sind, Belohnungen, auf welche ein Anspruch an Sie im Namen des Nationalruhms erhoben wird, auf einer sehr hohen Stufe der Werthstellung zu erhalten, niemals in deren Erniedrigung zu willigen, noch durch verschwenderische Verleihung ihren Glanz zu schmälern.

„Diese wenigen Worte werden hinreichen, die Kammer darüber aufzuklären, was uns veranlaßt hat, zu untersuchen:

„ob das Verfahren des Herrn Daguerre unzweifelhaft eine Erfindung ist;

---

*) Diese Commission bestand aus den Herren Arago, Étienne, Carl, Batout, de Beaumont, Tournouër, François Delessert, Combarel de Leyval, Vitet.

„ob diese Erfindung der Archäologie und den schönen Künsten Dienste von einigem Werth leisten kann;

„ob sie praktisch anwendbar sein wird;

„endlich, ob sich die Wissenschaften Vortheil davon versprechen dürfen.

Ich gebe nachher die technischen Erörterungen, in welche ich in meinem Berichte eingegangen bin, mit einigen weitern Ausführungen wieder. Den Bericht selbst schloß ich mit folgenden Worten:

„Wir haben versucht, das ganze Interesse hervorzuheben, welches die Entdeckung des Herrn Daguerre aus dem vierfachen Gesichtspunkte der Neuheit, der artistischen Nützlichkeit, der schnellen Ausführbarkeit und der schätzbaren Dienste, welche sie der Wissenschaft zu leisten verspricht, darbietet. Wir haben uns bestrebt, unsere Ueberzeugungen auf Sie mit zu übertragen, weil sie lebendig und aufrichtig sind, weil wir Alles mit der gewissenhaften Sorgfalt, die uns durch Ihren Auftrag zur Pflicht gemacht war, untersucht, studirt haben; ja, wenn es anders möglich gewesen wäre, die Wichtigkeit des Daguerreotyps und die Stelle, die es in der Meinung der Menschen einnehmen wird, zu verkennen, so hätte jeder Zweifel schwinden müssen, als wir sahen, mit welchem Eifer fremde Nationen ein irrthümliches Datum, eine zweifelhafte Thatsache, den leichtesten Vorwand geltend zu machen suchten, um Prioritätsfragen zu erheben, und wo möglich die glänzende Zierde der photographischen Methoden zu dem Kranze von Entdeckungen zu fügen, mit dem sich jede derselben schmückt. Vergessen wir nicht, bestimmt zu erklären, jede Discussion über diesen Punkt ist beendigt, minder noch in Rücksicht der authentischen, der unbestreitbaren Prioritäts-Ansprüche, auf welche die Herren Niepce und Daguerre sich zu stützen haben, als der unglaublichen Vollkommenheit, welche Hr. Daguerre bei seinem Verfahren erreicht hat. Käme es darauf an, so würden wir hier leicht Zeugnisse der vorzüglichsten Autoritäten Englands, Deutschlands anführen können, gegen welche Alles verschwindet, was bei uns Schmeichelhaftes über die Entdeckung unseres Landsmanns gesagt ist. Frankreich hat diese Entdeckung für die seinige erklärt, hat vom ersten Augenblicke an seinen Stolz darein gesetzt, der ganzen Welt damit ein freigebiges Geschenk zu machen.

Auch hatte uns die Aufnahme nicht befremden können, welche eine Stelle, die infolge eines Mißverständnisses in der Darlegung der Motive vorkommt, fast allgemein im Publikum gefunden hat, wonach die Verwaltungsbehörde mit dem Erfinder gehandelt hätte, und die Vereinigung über die pecuniären Bedingungen des Contracts, deren Genehmigung bei Ihnen beantragt wird, nur durch ein Abhandeln zu Stande gekommen sei. Es gilt, den wahren Sachverhalt wiederherzustellen.

„Niemals hat das Mitglied der Kammer, welches vom Herrn Minister des Innern bevollmächtigt war, mit Herrn Daguerre gehandelt. Ihre Unterhaltungen haben sich einzig um die Frage gedreht, ob die von dem achtbaren Künstler so wohl verdiente Belohnung in einer eingeschriebenen Pension (pension inscrite) oder einer ein- für allemal ausgezahlten Summe bestehen sollte. Von vorn herein drang sich Herrn Daguerre die Bemerkung auf, daß die Stipulation einer fixen Summe dem abzuschließenden Contracte den mesquinen Charakter eines Kaufvertrags aufdrücken würde. Anders bei einer Pension. Mit einer Pension belohnen Sie den Krieger, welcher auf den Schlachtfeldern verstümmelt worden ist, die Magistratsperson, welche auf ihrem Sitze ergraut ist; mit einer Pension ehren Sie die Familien von Cuvier, von Jussieu, von Champollion. Solche Erinnerungen konnten ihren Einfluß auf den hohen Sinn Herrn Daguerre's nicht verfehlen; er entschloß sich, den Antrag auf eine Pension zu stellen. Im Uebrigen war es nach den eigenen Absichten des Herrn Ministers des Innern Hr. Daguerre selbst, welcher den Betrag derselben bestimmte. Diese Bestimmung ging auf 8000 Francs, zur Hälfte zwischen ihm und seinem Associé, Herrn Niepce Sohn, theilbar; der für Herrn Daguerre ausgeworfene Antheil ist seitdem auf 6000 Francs erhöht worden, sei es wegen der, diesem Künstler insbesondere auferlegten Bedingung, die Verfahrungsarten der Malerei und Beleuchtung bekannt zu machen, welche zu den Darstellungen des seitdem in Asche gelegten Dioramas gedient haben, sei es wegen der von ihm übernommenen Verpflichtung, dem Publikum alle Vervollkommnungen zu überliefern, die er etwa noch an seinen photographischen Methoden anbringen möchte. Die Wichtigkeit einer solchen Verpflichtung wird sicherlich Niemandem zwei-

felhaft erscheinen können, wenn wir u. a. bemerken, daß es nur eines ganz kleinen Fortschritts noch bedürfen wird, um Herrn Daguerre in den Stand zu setzen, mittelst seiner Verfahrungsarten das Porträt lebender Personen zu fertigen. Wir unsererseits, weit entfernt zu besorgen, daß Hr. Daguerre andern Experimentatoren die Sorge überlassen möchte, seine jetzigen Erfolge weiter zu führen, haben vielmehr nur seinen Eifer zu mäßigen gesucht. Ja es war dies, wie wir offen bekennen, das Motiv, welches uns wünschen ließ, daß Sie die Pension für unverkümmerbar und unabtretbar (insaisissable et incessible) erklären möchten; doch haben wir uns überzeugt, daß ein solcher Zusatz nach den Bestimmungen des Gesetzes vom 22. Floréal des Jahres VII und der Verordnung des 7. Thermidor des Jahres X überflüssig ist. Die Commission hat also blos den einstimmigen Antrag an Sie zu stellen, den Gesetzvorschlag der Regierung einfach und ohne Abänderung anzunehmen."

Die Kammer hat auf diesen Bericht hin ohne alle Discussion das Gesetz genehmigt.

Zweites Kapitel.

Ueber die Camera obscura.

Ein neapolitanischer Physiker, J. B. Porta, machte vor ungefähr zwei Jahrhunderten die Beobachtung, daß wenn man eine sehr kleine Oeffnung in dem Fensterladen eines sonst wohl verfinsterten Zimmers, oder noch besser in einer diesem Laden eingefügten, dünnen Metallplatte anbringt, sich alle äußeren Gegenstände, von denen die Strahlen zu dieser Oeffnung gelangen können, auf der gegenüberliegenden Wand verkleinert oder vergrößert, je nach den Distanzen darstellen, mit genauer Wahrung der Formen und Lagenverhältnisse, wenigstens innerhalb einer großen Ausdehnung des Tableaus, und mit den natürlichen Farben. Bald darauf entdeckte Porta, daß das Loch keineswegs klein zu sein brauche, vielmehr eine beliebige Größe haben könne, wenn man es mit einem jener wohl polirten

Gläser verschließt, die wegen ihrer Gestalt den Namen Linsen erhalten haben.

Die mittelst eines bloßen Lochs erzeugten Bilder haben nur eine geringe Intensität; die mit Hülfe der Linse erzeugten stellen sich mit einer der Flächengröße der Linse proportionalen Helligkeit dar. Die ersten sind niemals recht deutlich; wogegen die letzteren, falls sie genau im Focus der Linse aufgefangen werden, eine große Schärfe zeigen. Diese ist seit der Erfindung der achromatischen Linsen zu einem wirklich staunenswerthen Grade gediehen; seit man in den Stand gesetzt wurde, den aus einer einzigen Glasart bestehenden einfachen Linsen, welche so viel verschiedene Brennpunkte haben, als es verschiedene Farben im weißen Lichte gibt, die achromatischen zu substituiren, wodurch alle mögliche Strahlen in einen einzigen Brennpunkt vereinigt werden; seitdem man ferner die periskopische Gestalt der Linsen angewandt hat.

Porta gab der Camera obscura eine portative Einrichtung. Jede seiner finstern Kammern bestand aus einem mehr oder minder langen, mit einer Linse versehenen Rohre. Der weißliche Schirm aus Papier oder Pappe, auf welchem die Bilder sich darstellen sollten, war im Brennpunkte angebracht. Der neapolitanische Physiker bestimmte diese kleinen Apparate für Personen, welche nicht zeichnen gelernt haben. Nach ihm war es nur nöthig, um vollkommen genaue Darstellungen von den complicirtesten Gegenständen zu erhalten, die Umrisse des Focal-Bildes mit einer Bleistiftspitze zu verfolgen.

In dieser Hinsicht jedoch hat Porta zu viel von seinem Apparate erwartet. Die Maler, die Zeichner, namentlich solche, welche die großen Bildflächen für Panoramen und Dioramen auszuführen haben, bedienen sich allerdings manchmal noch der Camera obscura, aber blos, um die Umrisse der Gegenstände im Großen nach ihren wahren Größen- und Lagenverhältnissen, unter Wahrung aller Forderungen der Linien-Perspective aufzunehmen. Was die von der unvollkommenen Durchsichtigkeit unserer Atmosphäre abhängigen Wirkungen anlangt, welche man mit dem ziemlich ungeeigneten Namen der Luftperspective belegt hat, so konnten Maler, die selbst nicht der Uebung ermangelten, keinen Nutzen von Anwendung der Camera obscura für

deren Wiedergabe erwarten. Dennoch mußte sich Jedem, welcher Gelegenheit gehabt hat, die Schärfe der Umrisse, die Wahrheit der Formen und Farben, die genaue Abstufung der Tinten in den durch dies Instrument erzeugten Bildern zu beobachten, das lebhafte Bedauern aufdrängen, daß sie nicht von selbst sich zu erhalten vermögen, zugleich mit dem Wunsche, es möge ein Mittel gefunden werden, sie auf dem im Brennpunkte befindlichen Schirme zu fixiren. Allen aber, muß man hinzufügen, erschien dies als ein Traum, dem sich nur unter den ausschweifenden Plänen eines Wilkins oder eines Cyrano von Bergerac eine Stelle geben ließ. Doch hat dieser Traum seine Verwirklichung gefunden. Wir wollen jetzt der Erfindung von ihrem ersten Keime an durch ihre Fortschritte achtsam folgen.

Drittes Kapitel.

Aeltere Versuche, die Bilder in der Camera obscura zu fixiren.

Den Alchimisten gelang es vor Zeiten, das Silber mit einem der Bestandtheile der Salzsäure zu verbinden. Das Product dieser Verbindung war ein weißes Salz, welches sie Hornsilber nannten.*) Dieses Salz zeigt die merkwürdige Eigenschaft, sich am Lichte zu schwärzen, um so schneller, je lebhafter das Licht einwirkt. Man überziehe ein Papierblatt mit einer Schicht Hornsilber, oder, wie man es heutzutage nennt, Chlorsilber, und erzeuge mittelst einer Linse das Bild eines Gegenstandes darauf; die dunkeln Theile des Bildes, auf welche kein Licht fällt, werden weiß bleiben; die stark beleuchteten Theile werden ganz schwarz werden; die Halbtinten werden sich in mehr oder minder dunklem Grau darstellen.

Man lege einen Kupferstich auf Papier, welches einen Ueberzug

---

*) In einem Werke von Fabricius (De rebus metallicis), welches im Jahre 1556 gedruckt ist, wird schon weitläufig von einer Art Silbererz unter dem Namen Hornsilber gehandelt, welches die Farbe und Durchscheinbarkeit des Horns, die Schmelzbarkeit und Weichheit des Wachses hat. Diese Substanz ging unter der Einwirkung des Lichts aus Gelblichgrau in Violett, und bei verlängerter Einwirkung beinahe in Schwarz über. Dies war das natürliche Hornsilber.

von Chlorsilber hat, und setze das Ganze, den Kupferstich nach oben, dem Sonnenlichte aus. Die schwarzen Stellen des Stiches werden die Strahlen aufhalten, und die darunter liegenden Stellen des Chlorsilberüberzuges ihre ursprüngliche Weiße bewahren. Hingegen wird das Licht an den Stellen, wo das Scheidewasser oder der Grabstichel nicht gewirkt haben, wo das Papier halb durchsichtig geblieben ist, durchgehen und die Chlorsilberschicht schwärzen. Das Ergebniß dieses Versuchs wird also ein Bild sein, welches den Stich in seinen Formen richtig aber in seinen Tinten verkehrt wiedergibt: das Weiß wird sich durch Schwarz ersetzt finden, und ebenso umgekehrt.

Man könnte meinen, daß diese Anwendungen der schon von den alten Alchimisten entdeckten, merkwürdigen Eigenschaft des Chlorsilbers sich von selbst und frühzeitig dargeboten haben müßten; aber in dieser Weise gehen die Fortschritte des menschlichen Geistes nicht vor sich. Wir werden bis zu den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts herabsteigen müssen, um die ersten Spuren der photographischen Kunst zu finden.

Da sehen wir Charles, unsern Landsmann, in seinen Vorlesungen sich eines durch einen Ueberzug vorbereiteten Papiers zur Erzeugung von Silhouetten mittelst Einwirkung des Lichtes bedienen. Charles starb, ohne die Zubereitung, deren er sich bediente, zu beschreiben, und da ein Geschichtschreiber der Wissenschaften, um nicht einer gänzlichen Verwirrung anheimzufallen, blos auf gedruckte, authentische Documenten zu fußen hat, wird man es nur gerecht finden können, wenn die ersten Grundzüge der neuen Kunst auf eine Abhandlung des Fabrikanten Wedgwood zurückgeführt werden, der sich durch die Vervollkommnung der Thonwaaren und die Erfindung eines zur Messung der höchsten Temperaturen dienlichen Pyrometers einen großen Namen in der industriellen Welt erworben.

Die Abhandlung Wedgwood's erschien im Jahr 1802 in der Juni-Nummer des Journals of the royal Institution of Great Britain. Der Verfasser will theils mit Hülfe von Häuten, theils Papieren, welche mit Chlorsilber oder salpetersaurem Silber überzogen sind, Glasmalereien von Kirchenfenstern so wie Kupferstiche copiren. „Die mittelst der Camera obscura erzeugten Bilder zeigten sich (nach dem

reinen Wortlaute der Abhandlung) zu schwach, um in einer mäßigen Zeit auf das salpetersaure Silber zu wirken." (The imagesformedby means of a camera obscura have been found to be too faint to produce, in any moderate time, an effect upon the nitrate of silver.)

Der Commentator von Wedgwood, der berühmte Humphry Davy, widerspricht der Angabe bezüglich der Bilder der Camera obscura nicht. Er fügt blos seinerseits hinzu, daß es ihm gelungen sei, sehr kleine Objecte mittelst des Sonnenmikroskops zu copiren, aber blos in kleinem Abstande von der Linse.

Uebrigens fanden weder Wedgwood noch Humphry Davy das Mittel, nach einmal beendigter Operation dem Ueberzuge, auf dem ihre Bilder erzeugt waren, die Eigenschaft sich ferner am Lichte zu schwärzen, zu entziehen. Demnach ließen sich die von ihnen erhaltenen Copieen nicht am vollen Tageslichte untersuchen, durch dessen Wirkung vielmehr Alles in ganz kurzer Zeit gleichförmig schwarz werden mußte. Was konnte es nun viel fruchten, Bilder zu erzeugen, auf die sich nur ein verstohlener Blick, und das blos bei Lampenlichte, werfen ließ, die bei Betrachtung am Tageslichte in kurzer Zeit verschwanden?

Viertes Kapitel.

Association der Herren Niepce und Daguerre.

Nach den unvollkommenen bedeutungslosen Versuchen, die wir dargelegt, kommen wir, ohne noch dazwischen auf einen erwähnenswerthen Fortschritt zu stoßen, zu den Untersuchungen der Herrn Niepce und Daguerre.

Der seither verstorbene Niepce lebte als Eigenthümer zurückgezogen in der Umgegend von Chalon-sur-Saone, und widmete seine Muße wissenschaftlichen Untersuchungen. Eine derselben, bezüglich einer gewissen Maschine, worin die Spannkraft schnell erhitzter Luft die Kraft des Dampfes ersetzen sollte, bestand mit ziemlichem Erfolge eine nicht eben leichte Prüfung, die Untersuchung seitens der Akademie der Wissenschaften. Die photographischen Untersuchungen des Herrn

Niepce scheinen bis zum Jahre 1814 zurückzugehen. Seine ersten Verbindungen mit Herrn Daguerre datiren vom Januar 1826. Die Indiscretion eines pariser Optikers ließ ihn erfahren, daß Herr Daguerre ebenfalls mit Versuchen beschäftigt sei, welche darauf ausgingen, die Bilder der Camera obscura zu fixiren. Diese Thatsachen werden durch Briefe bezeugt, welche uns vorgelegen haben. Im Falle streitender Ansprüche würden also die ersten photographischen Arbeiten des Herrn Daguerre mit Sicherheit auf das Jahr 1826 zurückzuführen sein.

Herr Niepce begab sich im Jahre 1827 nach England. Im December desselben Jahres überreichte er der königlichen Gesellschaft in London eine Abhandlung über seine photographischen Arbeiten mit mehreren Probestücken auf Metall nach den schon von ihm entdeckten Methoden. Bei Gelegenheit einer Prioritätsreclamation sind diese Probestücke noch in gutem Zustande aus den Sammlungen verschiedener englischer Gelehrten loyaler Weise seitdem wieder zum Vorschein gebracht worden. Sie beweisen ohne Widerspruch, daß Herr Niepce schon im Jahre 1827 für die photographische Copie von Kupferstichen, für die Herstellung von Platten, auf welche die Zeichnungen mit vielen Details übertragen waren, zum Gebrauch für Kupferstecher die Mittel besaß, Schatten durch Schatten, Halbtinten durch Halbtinten, Lichter durch Lichter wiederzugeben; daß er überdieß im Stande war, die einmal erzeugten Copieen gegen die ferner schwärzende Einwirkung der Sonnenstrahlen zu sichern. Mit einem Worte, die Wahl der von dem geschickten Experimentator in Chalon angewandten Ueberzüge ließ seit 1827 ein Problem gelöst erscheinen, womit der Scharfsinn eines Wedgwood, eines Humphry Davy sich ohne Erfolg beschäftigt hatte.

Der (einregistrirte) Associationsvertrag zwischen den Herren Niepce und Daguerre über die gemeinsame Ausbeutung der photographischen Methoden datirt vom 14. Dec. 1829. Die spätern Vertragsacte zwischen Herrn Isidor Niepce, Sohn, als Erben seines Vaters, und Herrn Daguerre erwähnen, erstens Vervollkommnungen, welche der pariser Maler an der Methode des Physikers von Chalon anbrachte, zweitens ganz neue Verfahrungsarten, welche Herr Daguerre entdeckt hatte, und welche den Vortheil darboten (es sind die eigenen

Worte eines dieser Acte) „die Bilder mit sechzig- bis achtzig Mal so großer Schnelligkeit hervorzubringen, als nach den alten Verfahrungsweisen."

Fünftes Kapitel.

Verfahren des Herrn Niepce.

In unsern vorigen Mittheilungen über die Arbeiten des Herrn Niepce wird man unstreitig die Beschränkung bemerkt haben, welche in den Worten lag: „für die photographische Copie von Kupferstichen." In der That hatte Herr Niepce, nach vielen unfruchtbaren Versuchen, es auch seinerseits so ziemlich aufgegeben, die Bilder der Camera obscura mit seinen Verfahrungsarten wiederzugeben, weil das Licht nicht rasch genug auf die von ihm angewandten Präparate einwirkte, weil 10 bis 12 Stunden nöthig waren, ein Abbild zu Stande zu bringen, weil während eines so langen Zeitraumes die Schatten sehr fortrückten, von der linken nach der rechten Seite der Gegenstände übergingen; weil diese Bewegung überall, wo sie stattfand, verwaschene gleichförmige Tinten hervorrief; weil in den Erzeugnissen einer so mangelhaften Methode alle von den Contrasten zwischen Schatten und Licht abhängigen Effecte verloren gingen; weil, abgesehen von diesen außerordentlichen Nachtheilen, der Erfolg nicht einmal sicher war; weil nach zahllosen Vorsichten unvorherzusehende Zufälligkeiten noch bewirkten, daß man einmal ein leidliches Resultat, andermal ein unvollständiges oder hier und da durch große Lücken entstelltes Bild erhielt; weil endlich die Ueberzüge, auf welchen die Bilder entstanden, sich an den Sonnenstrahlen, wenn nicht schwärzten, aber zertheilten und in kleinen Schuppen ablösten.

Im Uebrigen ist folgendes die kurze Darstellung des Niepce'schen Verfahrens.

Herr Niepce löste trocknes Asphalt (Judenpech) in Lavendelöl auf, und erhielt dadurch einen dicken Firniß, den er mittelst Ballen oder Bäuschen auf eine polirte Metallplatte, z. B. auf plattirtes, d. i. mit einem Silberblatt überzogenes Kupfer auftrug.

Nachdem die Platte einer gelinden Hitze ausgesetzt worden, blieb sie mit einer anhaftenden weißlichen Schicht überzogen, welche aus pulvrigem Asphalt bestand.

Die so überzogene Platte wurde in den Focus der Camera obscura gestellt. Nach einer gewissen Zeit zeigten sich auf dem Pulver schwache Züge des Bildes. Herr Niepce hatte den sinnreichen Gedanken, daß diese, nur wenig sichtbaren Züge sich verstärken lassen könnten. In der That fand er, daß, wenn er seine Platte in ein Gemisch von Lavendelöl und Steinöl tauchte, die der Wirkung des Lichtes ausgesetzt gewesenen Stellen des Ueberzuges fast unangegriffen blieben, indeß die andern sich schnell auflösten und das Metall frei ließen. Nachdem die Platte mit Wasser gewaschen worden, hatte man also darauf das in der Camera obscura erzeugte Bild, wobei Lichter durch Lichter, Schatten durch Schatten wiedergegeben waren. Die Lichter wurden durch das von der weißlichen matten Materie des Asphalts zerstreute Licht gebildet; die Schatten durch die freigelegten blanken Theile des Metallspiegels, unter der Bedingung wohlverstanden, daß sich dunkle Gegenstände darin spiegelten, und daß kein etwas lebhaftes Licht dadurch nach dem Auge zurückgeworfen werden konnte. Die Halbtinten, wenn solche existirten, konnten durch den Theil des Firnisses erzeugt werden, den eine theilweise Durchdringung mit dem Auflösungsmittel minder matt gemacht hatte, als die unangegriffen gebliebenen Stellen.

Der in ein unfühlbares Pulver verwandelte Asphalt hat keine sehr entschieden weiße Farbe. Man kommt der Wahrheit näher, wenn man sie grau nennt. Der Contrast zwischen Licht und Schatten in den Bildern des Herrn Niepce war also gar nicht sehr stark. Um den Effect zu erhöhen, hatte der Erfinder daran gedacht, die freigelegten Theile des Metalls nochmals nachzuschwärzen, indem er sie durch Schwefelkalium oder Jod angreifen ließ; doch scheint ihm nicht beigefallen zu sein, daß letztere Substanz durch die Wirkung des Tageslichtes fortgehende Veränderungen erfahren haben würde. Jedenfalls sieht man, daß Herr Niepce sich des Jods nicht als einer für das Licht empfindlichen Substanz zu bedienen beabsichtigte; sondern dasselbe blos zur Schwärzung verwenden wollte, nachdem das Bild in der Camera ob-

scura schon erzeugt und durch die Wirkung des Lösungsmittels verstärkt, oder, wenn man lieber will, freigelegt war. Was würde bei einem solchen Verfahren aus den Halbtinten geworden sein?

Zu den hauptsächlichsten Uebelständen der Niepce'schen Methode gehört, daß eine zu starke Einwirkung des Lösungsmittels den Firniß manchmal stellenweise fast ganz entfernte, indeß eine zu schwache Einwirkung das Bild nicht deutlich genug hervortreten ließ. Der Erfolg war niemals gesichert.

Sechstes Kapitel.

Abänderungen, welche von Herrn Daguerre an Niepce's Verfahren angebracht worden sind.

Herr Daguerre erfand eine Methode, welche die verbesserte Niepce'sche Methode genannt worden ist. Zuvörderst substituirte er für den Asphalt den Destillationsrückstand des Lavendelöls in Rücksicht seiner größern Weiße und größern Empfindlichkeit. Dieser Rückstand ward in Alkohol oder Aether aufgelöst. Die Auflösung, in einer sehr dünnen und horizontalen Schicht auf Metall aufgetragen, hinterließ nach der Verdunstung einen gleichförmigen pulverigen Ueberzug darauf, wie sich solcher mittelst Auftragung durch Bäusche nicht erhalten ließ.

Nachdem die so zubereitete Platte der Wirkung des Focus der Camera obscura unterlegen, ward sie horizontal in einer gewissen Entfernung über ein Gefäß angebracht, welches ein schwach erhitztes ätherisches Oel enthielt.

Bei dieser Operation, welche angemessen beschränkt ward, und wobei überdieß ein bloßer Blick hinreichte, die rechten Gränzen treffen zu lassen, fand Folgendes statt:

Der aus dem Oel entwickelte Dampf ließ die Theilchen des pulverigen Ueberzuges, welche die Wirkung eines starken Lichtes erfahren hatten, unangegriffen.

Er durchdrang zum Theil, mehr oder minder, die Stellen dieses Ueberzuges, welche in der Camera obscura den Halbtinten entsprachen.

Die im Schatten gebliebenen Theile wurden vollständig durchdrungen.

Hier zeigte sich das Metall an keiner Stelle des Bildes frei; hier entstanden die Lichter durch das Zusammenballen (agglomération) einer Menge weißer ganz matter Theilchen; die Halbtinten durch gleichfalls vereinigte (condensées) Theilchen, deren Weiße und matte Beschaffenheit aber durch den Dampf mehr oder weniger vermindert war, die Schatten durch immer in gleicher Zahl vorhandene und ganz durchsichtig gewordene Theilchen.

Ein Zuwachs von Glanz, größere Mannigfaltigkeit von Tönen, mehr Regelmäßigkeit, das sichere Gelingen der Manipulation und die sichere Erhaltung aller Theile des Bildes, dies waren die Vortheile der von Herrn Daguerre an der Niepce'schen Methode angebrachten Abänderungen. Leider ist der Rückstand des Lavendelöls, wenn schon empfänglicher für die Wirkung des Lichtes als der Asphalt, doch immer noch träge genug, so daß die Bilder sich erst nach ziemlich langer Zeit zu entwickeln anfangen.

Die Art von Veränderung, welche der Rückstand des Lavendelöles durch die Wirkung des Lichtes erleidet, und infolge deren er von den Dämpfen ätherischer Oele mehr oder minder schwer durchdrungen wird, ist uns noch unbekannt. Vielleicht hat man sie blos als eine einfache Austrocknung der Theilchen, vielleicht auch als eine neue Molecularanordnung anzusehen. Nach einer wie der andern Voraussetzung würde sich der Umstand erklären, daß die Veränderung allmälich sich abschwächt, und in der Länge der Zeit, selbst in völliger Dunkelheit, verschwindet.

Siebentes Kapitel.

Daguerre'sches Verfahren.

Bei dem Verfahren, welchem das dankbare Publikum den Namen Daguerreotypiren gegeben hat, besteht der Ueberzug der silberplattirten Platte, der Grund, welcher das Bild aufnimmt, aus einer goldgelben Schicht, die sich auf der Platte bildet, wenn man die-

selbe während einer gewissen Zeit horizontal, mit der Silberfläche nach unten, in einem Kasten anbringt, auf dessen Boden sich einige, der freiwilligen Verdunstung überlassene Jodtheilchen finden.

Wenn diese Platte aus der Camera obscura hervorgeht, sieht man nicht die geringste Spur eines Bildes darauf. Die gelbliche Schicht von Jodsilber, welche das Bild aufgenommen hat, erscheint noch gleichförmig in ihrer ganzen Ausdehnung.

Wird aber die Platte in einem zweiten Kasten dem aufsteigenden Strome des Dampfes ausgesetzt, der sich aus einer Schaale erhebt, worin Quecksilber mittelst einer Weingeistlampe auf 75° C. erwärmt ist, so erfolgt sogleich die merkwürdigste Wirkung; der Dampf setzt sich reichlich an den Theilen der Plattenoberfläche ab, welche von einem lebhaften Lichte getroffen waren, läßt die im Schatten gebliebenen Theile unangegriffen, und schlägt sich endlich an den Stellen, welche von den Halbtinten eingenommen waren, in größerer oder geringerer Menge nieder, je nachdem sich diese mehr dem Lichten oder dem Schwarz näherten. Mit Hülfe des schwachen Lichtes einer Kerze kann der Operateur das allmäliche Zustandekommen des Bildes schrittweis verfolgen, kann sehen, wie der Quecksilberdampf, gleich einem Pinsel von äußerster Feinheit, jedem Theile der Platte den erforderlichen Ton gibt.

Nachdem das in der Camera obscura erzeugte Bild solchergestalt wieder zum Vorschein gebracht ist, gilt es, zu verhindern, daß es nicht durch das Tageslicht verändert werde. Herr Daguerre erreicht dies dadurch, daß er die Platte in einer Auflösung von unterschwefligsaurem Natron spült, und dann mit heißem destillirten Wasser wäscht.

Nach Herrn Daguerre kommt das Bild besser auf einer plattirten (d. i. mit einem Silberblatt überzogenen) Kupferplatte als auf einer bloßen Silberplatte zum Vorschein; was, wenn es sich bestätigen sollte, darauf hinweisen würde, daß die Elektricität bei dieser merkwürdigen Erscheinung eine Rolle spielt.

Die plattirte Kupferplatte muß erst mit Bimsstein abgerieben und dann mit verdünnter Salpetersäure blank gemacht werden; der große Nutzen, welchen die Säure hierbei äußert, könnte nach Herrn Pelouze's Ansicht wohl daran hängen, daß diese Säure der Silberfläche die letzten Kupfertheilchen entzieht.

Wenn schon die Dicke der gelben Jodschicht nach verschiedenen von Herrn Dumas angestellten Wägungen nicht über ein Millionentheil eines Millimeter scheint betragen zu können, so ist doch zur Erlangung einer vollkommenen Abstufung von Schatten und Licht wesentlich, daß diese Dicke durchgehends vollkommen gleichförmig sei. Um zu verhindern, daß sich nicht mehr Jod an den Rändern als in der Mitte absetze, bringt Herr Daguerre um seine Platte eine fingerbreite Leiste von demselben Metall an, die mit Nägeln auf dem das Ganze tragenden hölzernen Brettchen befestigt ist. Die physische Wirkungsweise dieser Leiste ist noch nicht genügend erklärt.

Hier noch ein nicht minder geheimnißvoller Umstand: verlangt man, daß das Bild seine größte Wirkung in der gewöhnlichen Stellung der Bilder, d. i. der verticalen, hervorbringe, so muß man die Platte dem vertical aufsteigenden Strome des Quecksilberdampfes unter einer Neigung von 45° darbieten. Lag die Platte bei der Niederschlagung des Quecksilbers, wo das Bild entsteht, horizontal, so hat man es dann unter einem Winkel von 45° zu betrachten, um den größten Effect zu erlangen.

Versucht man sich Rechenschaft von der Wirkungsweise der sonderbaren Proceduren des Herrn Daguerre zu geben, so bietet sich unmittelbar der Gedanke dar, daß das Licht in der Camera obscura überall, wo es auf die goldgelbe Schicht trifft, eine Verflüchtigung des Jods bewirkt und das Metall freilegt; daß der Quecksilberdampf während der zweiten Operation auf diese freigelegten Theile wirkt und daselbst ein weißes mattes Amalgam erzeugt; und daß das Waschen mit dem unterschwefligsauren Natron chemischerseits den Zweck hat, die Jodtheilchen zu entfernen, welche durch das Licht nicht frei gemacht wurden, artistischerseits die spiegelnden Theile bloszulegen, welche die schwarzen Stellen im Bilde zu geben haben.

Wie kommt aber diese Theorie mit jenen zahllosen und so wunderbar abgestuften Halbtinten zurecht, welche die Daguerre'schen Bilder darbieten? Außerdem genügt eine einzige Thatsache zum Beweise, daß der Hergang nicht so einfach ist.

Die plattirte Kupferplatte nimmt durch den goldgelben Ueberzug in keiner merklichen Weise an Gewicht zu; wogegen durch die Ein-

wirkung des Quecksilberdampfes eine sehr bemerkliche Gewichtsvermehrung entsteht. Nun hat sich Herr Pelouze überzeugt, daß die Platte nach der Abwaschung mit unterschwefligsaurem Natron, ungeachtet des Vorhandenseins von ein wenig Amalgam an der Oberfläche weniger wiegt, als vor Beginn der Operation. Das unterschwefligsaure Natron nimmt also Silber weg. Auch bestätigt sich dies durch die chemische Analyse der Flüssigkeit.

Um sich Rechenschaft von den Lichteffecten zu geben, welche die Daguerre'schen Bilder darbieten, schien die Annahme genügend, daß sich die Silberfläche durch die Einwirkung des Quecksilberdampfes mit Amalgamkügelchen bedecke; daß diese in den Lichtern sehr gedrängten Kügelchen in den Halbtinten mehr und mehr an Zahl abnehmen, bis zu den schwarzen Stellen, wo sich keine mehr finden.

Die Voraussetzung des Physikers hat sich bestätigt. Herr Dumas hat mittelst des Mikroskops erkannt, daß die Lichter und Halbtinten in der That durch Kügelchen gebildet werden, deren Durchmesser ihm, so wie Herrn Adolph Brogniart, sehr regelmäßig $^1/_{800}$ Millimeter zu betragen schien. Wozu aber dann das Erforderniß einer Neigung der Platte um 45° während der Niederschlagung des Quecksilberdampfes? Sollte nicht diese Neigung, vorausgesetzt daß sie, wie es Herrn Daguerre's Ansicht ist, wirklich wesentlich ist, dafür sprechen, daß dabei Nadeln oder krystallinische Fäden ins Spiel kommen, die sich beim Erstarren in einer vollkommenen oder halbvollkommenen Flüssigkeit immer vertical anordnen, und solchergestalt gegen die Plattenoberfläche eine von deren Stellung abhängige Lage annehmen?

Vielleicht wird man noch Tausende von schönen Bildern mittelst des Daguerreotyps fertigen, ehe seine Wirkungsweise vollkommen aufgeklärt sein wird.

Uebersetzt man die Unvollkommenheiten des Niepce'schen Verfahrens, die ich oben (S. 390) anführte, in ihr Gegentheil, so hat man darin so ziemlich sämmtliche Vorzüge der Methode, welche Herr Daguerre durch eine Unzahl minutiöser, mühsamer, kostspieliger Versuche entdeckt hat.

Die schwächsten Strahlen wirken noch verändernd auf die empfindliche Substanz des Daguerreotyps ein; die Wirkung erfolgt, be-

vor die von der Sonne geworfenen Schatten ihre Stelle merklich haben ändern können; die Erfolge sind bei Beachtung ganz einfacher Vorschriften sicher; endlich vermag selbst eine jahrelang fortgesetzte Wirkung der Sonnenstrahlen die einmal erzeugten Bilder weder in ihrer Reinheit noch ihrem Glanze noch ihrer Harmonie zu beeinträchtigen.

Achtes Kapitel.

Prüfung einiger Prioritätsansprüche.

Nach Erscheinen des Berichtes der Akademie der Wissenschaften, in welchem ich zum ersten Male von den durch Herrn Daguerre erhaltenen Resultaten sprach, schrieb Herr Talbot, ein sehr verdienstvoller englischer Physiker, Folgendes an Herrn Biot und mich.

London, den 29. Januar 1839.

„Meine Herren!

„In Kurzem werde ich die Ehre haben, an die Akademie der Wissenschaften eine förmliche Prioritäts-Reclamation der von Herrn Daguerre angekündigten Erfindung, bezüglich ihrer beiden Hauptpunkte zu richten:

„1) Fixation der Bilder der Camera obscura.

„2) Nachfolgende Erhaltung der Bilder, so daß sie das volle Sonnenlicht vertragen.

„Da ich in diesem Augenblicke durch die Abfassung einer Abhandlung sehr in Anspruch genommen bin, welche ich übermorgen in der königlichen Societät vorlesen werde, so begnüge ich mich, Sie zu bitten, den Ausdruck meiner vollen Hochachtung zu genehmigen.

H. F. Talbot,

Mitglied der königlichen Societät in London."

Ich theilte dieses Schreiben, wie ich verpflichtet war, der Akademie der Wissenschaften mit, und begleitete es mit den folgenden Bemerkungen:

„Herr Talbot hat zu viel Geist, ist ein zu guter Logiker, um in einer Prioritätsfrage eine Abhandlung, mit welcher er am 29. Jan.

1839 sehr beschäftigt war, gegen eine der Akademie schon vor mehr als einem Monat von Herrn Daguerre zugegangene Mittheilung in Anschlag bringen zu wollen. Unstreitig hat Herr Talbot noch andere Ansprüche geltend zu machen. Folgendes sind einige Punkte, deren Erwägung ihm anheimzugeben sein wird.

„Die erste Idee, die Bilder der Camera obscura oder des Sonnenmikroskops auf gewissen chemischen Substanzen zu fixiren, gehört weder Herrn Daguerre noch Herrn Talbot an: Herr Charles, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, ging mit der Verfertigung von Silhouetten in seinen öffentlichen Vorlesungen voran, Herr Wedgwood folgte.

„Die ersten Versuche von Herrn Niepce in Chalon-sur-Saone zur Vervollkommnung des Verfahrens von Herrn Charles oder Wedgwood datiren von 1814.

„Wir haben authentische Belege, gerichtliche Zeugnisse, daß Herr Niepce im Jahr 1826 Bilder zu erzeugen wußte, die nach einer gewissen Operation, welche wir seiner Zeit und seines Ortes zur öffentlichen Kenntniß bringen werden, der fernern Einwirkung der Sonnenstrahlen widerstehen.

„Wir sind im Besitz von Bildern, welche nach der von Herrn Daguerre verbesserten Niepce'schen Methode auf verschiedenen Substanzen ausgeführt sind, und die bis 1832 zurück datiren.

„Außerdem liegt der Associations-Vertrag vom 14. Dec. 1829 vor, welcher nach den Vorschriften des Gesetzes unter dem Datum des 13. März 1830 einregistrirt ist, und nach welchem die Herren Niepce und Daguerre sich verbunden hatten, das Verfahren, zu dessen Erfindung sie gemeinschaftlich beigetragen, gemeinschaftlich auszubeuten.

„Endlich könnten wir aus der Correspondenz des am 5. Juli 1833 verstorbenen Herrn Niepce beweisen, daß Herr Daguerre schon bei Lebzeiten seines Freundes im vollen Besitze des ganz neuen Verfahrens war, dessen er sich gegenwärtig bedient, und daß mehrere der Bilder, welche die Bewunderung des Publikums so sehr auf sich gezogen haben, schon zu dieser Zeit existirten.

„Seit fünf bis sechs Jahren hat die Methode des Herrn Daguerre blos noch geringe Verbesserungen erfahren, deren Erforderniß allein von einem ausgezeichneten Künstler gefühlt werden konnte.

„Herr Talbot muß von der Sachlage nicht gehörig unterrichtet gewesen sein, sofern er in seinem Schreiben blos von einer angekündigten Entdeckung spricht. Herr Daguerre hat unendlich mehr gethan, als seine Entdeckung blos anzukündigen; er hat die Erzeugnisse derselben aller Welt vor Augen gelegt: Franzosen, Engländer, Deutsche, Italiener, Russen fanden sich täglich in seinem Cabinet zusammen, und vereinigten sich in dem rückhaltslosen Ausdrucke ihrer Bewunderung.

„Vollkommen eingeweiht in alle Details der neuen Methode, habe ich mich durch Aufnahme einer Ansicht des Boulevard du Temple überzeugt, daß man keineswegs Maler oder Zeichner zu sein braucht, um der Methode eben so gute Erfolge abzugewinnen, als Herr Daguerre selbst. Bei Betrachtung mit der Loupe fand man in dieser Ansicht sehr ferne Gegenstände, wie Blitzableiterstangen, mit unglaublicher Schärfe wiedergegeben, ohne daß sich mit bloßen Augen etwas davon erkennen ließ.

„Der Hauptpunkt, wodurch sich die Daguerre'sche Methode von der Niepce'schen unterscheidet, liegt in der Schnelligkeit.

„Die Gegenstände geben ihr Bild, ehe die Schatten Zeit gehabt haben, ihre Stelle zu ändern. Die Halbtinten, alle Verhältnisse der Luftperspective finden sich mit einer Wahrheit und Feinheit wiedergegeben, wie sie durch keine Zeichenkunst erreichbar schienen. Ich zweifle nicht, daß es gelingen wird, ein Abbild des Vollmondes mit genauer Wiedergabe seiner Schattirung zu erhalten, wenn man die mit der neuen Substanz imprägnirte Platte an ein durch das Uhrwerk einer parallaktischen Maschine geführtes Fernrohr anbringt."

Infolge vorstehender der Akademie der Wissenschaften von mir gemachten Mittheilung ergriff Herr Biot das Wort, um zu erklären, daß er seinerseits von Herrn Talbot einen dem oben mitgetheilten ganz gleichen Brief erhalten habe; daß er geglaubt habe, diesem Ge-

lehrten seien die Umstände, infolge deren die Entdeckung des Herrn Daguerre zu ihrer jetzigen Publicität gelangt ist, wahrscheinlich nicht vollständig bekannt gewesen, und daß er es daher angemessen gehalten habe, denselben darüber mit folgenden Worten aufzuklären:

„Mein Herr!

„So eben erhalte ich den Brief, mit dem Sie mich beehren, um mir Ihre Absicht mitzutheilen, demnächst an die Akademie der Wissenschaften eine förmliche Prioritäts-Reclamation bezüglich der von Herrn Daguerre angekündigten Entdeckung zu richten.

„Sie werden mir unstreitig das gerechte Zutrauen nicht versagen, daß ich über einen so zarten Gegenstand mich auf keine vorgefaßte Meinung hin entscheiden möchte. Im Interesse der Wahrheit aber muß ich Sie benachrichtigen, was Ihnen vielleicht noch unbekannt war, daß Herr Daguerre, nach dem Wissen seiner Freunde, sich mit dieser Untersuchung seit mehr als 14 Jahren unausgesetzt beschäftigt hat; und ich kann bezeugen, daß er seit mehreren Jahren mit mir davon gesprochen. Er hat selbst eine Menge mehr oder weniger glückliche Resultate aufbewahrt und uns gezeigt, welche er durch verschiedene Verfahrungsarten erhalten hatte, bevor er zu derjenigen gelangte, bei welcher er stehen geblieben ist, und deren Erzeugnisse durch ihre Vollendung und Feinheit die Bewunderung aller unserer Künstler auf sich ziehen. Auch hat er die Güte gehabt, mir eine Menge für die Wissenschaft ausnehmend interessanter physikalischer Thatsachen mitzutheilen, zu deren Entdeckung ihn dies Verfahren geführt hat; und hat sich auf meine Bitte bereit gefunden, durch dasselbe Mittel mehrere Versuche im Felde einer meines Erachtens wichtigen theoretischen Forschung in's Werk zu setzen. Endlich hat er sein Geheimniß vollständig Herrn Arago mitgetheilt; dessen Geist, wie Sie so gut wissen als ich, zu edelmüthig und zu weit über Nationalvorurtheile erhaben ist, um sich durch solche einnehmen zu lassen. Ich beeile mich, mein Herr, Ihnen diese Erklärung zukommen zu lassen, um Sie in den Stand zu setzen, die darin enthaltenen Thatsachen selbst zu würdigen. Hierzu fühlte ich mich eben so sehr durch die Achtung verpflichtet,

welche mir Ihre früheren Arbeiten über die Optik eingeflößt haben, als durch das Zutrauen, welches Sie mir erwiesen haben.

„Ich habe die Ehre zu sein, u. s. w.

Paris, am 31. Januar 1839.“

„Im Uebrigen, hat Herr Biot beigefügt, liegt noch ein anderer unwidersprechlicher Beweis der Veröffentlichung, welcher von 3 Jahren her datirt, vor. Das Journal des artistes, T. II. p. 203, welches schon von den Erfindungen und Untersuchungen des Herrn Daguerre spricht, enthält folgende, im September 1835 gedruckte, Stelle.

„Diese Entdeckungen haben ihn zu einer ähnlichen, wo möglich noch staunenswürdigeren Entdeckung geführt: er hat, sagt man, das Mittel gefunden, auf einer von ihm zubereiteten Platte das in der Camera obscura erzeugte Bild aufzufangen; so daß ein Portrait, eine Landschaft, eine beliebige Ansicht, durch die gewöhnliche Camera obscura auf dieser Platte entworfen, ihren Abdruck in Licht und Schatten darauf hinterlassen, und solchergestalt das vollkommenste Abbild davon geben. Die Behandlung dieses Bildes mit einem besondern Präparate macht dasselbe für unbeschränkte Zeit haltbar.“

Was dieser Artikel im Jahre 1835 von der Daguerre'schen Entdeckung angekündigt hat, ist genau dasselbe, was zu Ende des Jahres 1838 den Augen von ganz Paris vorgelegen hat.

Uebrigens kann man im Folgenden die Beweise finden, daß, welche Fortschritte auch Herr Talbot seit 1839 in der Kunst der Photographie gemacht haben möge, derselbe doch zu dieser Zeit weit entfernt war, Herrn Daguerre erreicht zu haben.

Ich benutzte im Jahre 1839 die Anwesenheit mehrerer englischer Gelehrten in Paris, ihnen verschiedene Lichtbilder zu zeigen, welche Herr Daguerre nach seiner Verfahrungsweise erzeugt hatte.

Diese Gelehrten, unter welchen ich die Herren Herschel, Forbes, Robisson, General Brisbane, Watt, Murchison, Pentland nenne, haben erklärt, daß die Erzeugnisse der Daguerre'schen Entdeckung alle ihre Erwartungen überträfen.

Herr Herschel namentlich, der sich jenseits des Kanals mit Erfolg der Vervollkommnung der von Herrn Talbot empfohlenen Ver-

fahrungsarten angenommen, sprach sich in Ausdrücken einer aufrichtigen Bewunderung über die Arbeiten unsers Landsmannes aus. So wie die Bilder des Herrn Daguerre auf die Staffelei gestellt wurden, brach der berühmte Astronom in die Worte aus: das ist ein Wunder.

Herr Cauchy, welcher Herrn Herschel bei seiner Durchreise durch Paris ebenfalls sah, hat den eben von mir mitgetheilten Details noch folgende hinzugefügt: „Herr Herschel hat erklärt, daß die in England gemachten Versuche Kinderspiele in Vergleich mit den Daguerre'schen Verfahrungsweisen seien. Herr Talbot selbst solle bald seiner Ansicht sein, denn er werde ihm schreiben, daß er kommen möge, diese Wunder zu sehen." Diese Stelle ist in das Compte rendu der Sitzung der Akademie der Wissenschaften vom 27. Mai 1839 aufgenommen.

Wer also ist der wahre Erfinder der Methoden, deren Erzeugnisse so viel Bewunderung erweckt haben? Die Frage, so weit sie sich auf die Herren Niepce und Daguerre bezieht, ist seit lange durch einen notariellen Act entschieden. Außerdem würde man nöthigenfalls die erforderlichen Unterlagen in der Correspondenz unserer beiden Landsleute finden.

Es handelt sich also blos um die Frage, mit der wir uns so eben beschäftigt haben, in so weit sie zwischen den Physikern Frankreichs und Englands streitig ist. In dieser Hinsicht folgt hier ein neues Zeugniß, welches uns von Kew-Green, bei London, zugekommen ist.

Herr Bauer, ein gelehrter Botaniker, hat dem Redacteur der Literary Gazette geschrieben, daß er im September 1827 die Bekanntschaft des Herrn Niepce machte. Im December desselben Jahres verfaßte Herr Niepce, infolge einer Aufforderung von Herrn Bauer, eine Abhandlung über die von ihm entdeckten Verfahrungsarten, die Bilder der Camera obscura zu fixiren und Kupferstiche mittelst der Sonnenstrahlen zu copiren. Diese Abhandlung ist von Herrn Bauer in Druck gegeben worden. Sie trägt das Datum des 8. December 1827. Sie ward der königlichen Societät in London in demselben Decembermonate vorgelegt und blieb mehrere Wochen in den Händen verschiedener Mitglieder des Comité dieser gelehrten Körperschaft. Die Abhandlung war mit mehreren sehr interessanten Proben der Erzeug-

nisse der Niepce'schen Entdeckung (auf Metall) begleitet (several very interesting speciments of the products of his discovery). Jedoch ward sie nicht in den Philosophical Transactions gedruckt, weil der Verfasser seine Verfahrungsweisen nicht darin beschrieben hatte.

Herr Bauer besitzt noch mehrere Proben der neuen Kunst, welche er im Jahre 1827 von Herrn Niepce empfing. Er ist erbötig, solche Jedem zu zeigen, der sie näher in Augenschein zu nehmen wünscht. Unstreitig geht Herr Bauer zu weit, wenn er, ohne doch etwas von den Daguerre'schen Leistungen gesehen zu haben, hinzufügt: „Diese Proben sind ganz so vollkommen, als jene Erzeugnisse Herrn Daguerre's, welche in den französischen Zeitungen im Jahre 1839 beschrieben sind." (Are quite as perfect as those productions of M. Daguerre, described in the french new-papers of 1839.)

Im Uebrigen geht aus dem so interessanten und loyalen Briefe Herrn Bauer's ein neuer unbestreitbarer Beweis dafür hervor, wie lange die Leistungen unserer Landsleute denen der englischen Physiker vorangegangen sind; denn nach der eigenen Erklärung Herrn Talbot's gehen seine ersten Versuche nur bis 1835 zurück.

Hierbei nehme ich Anlaß, eine Folgerung abzuweisen, welche man, meines Erachtens sehr mit Unrecht, aus einem Versuche gezogen hat, von welchem in der philomatischen Gesellschaft die Rede gewesen ist. Ein Freund von Herrn Guérin-Varry hat, so versichert man, das Mittel gefunden, alle Regenbogenfarben auf den Metallen zu fixiren. Hieraus hat man den übereilten Schluß gezogen, daß die den Stichen in Aquatinta ähnlichen Bilder, welche Herr Daguerre erhält, alsbald durch wahre Gemälde, worin die Farben der Bilder der Camera obscura erhalten sind, verdrängt und überboten sein werden. Sollte dieser Schluß berechtigt sein, so müßte man eine Substanz entdeckt haben, welche von den rothen Strahlen roth, von den gelben gelb, von den blauen blau gefärbt wird, u. s. f. Aber Nichts der Art ist angekündigt worden. Man würde sich irren, wenn man meinte, daß mit der Erfindung von Firnissen, von Ueberzügen, deren einer von der Sonne roth, der andere gelb, ein dritter grün u. s. w. wird, der kleinste Schritt zur Lösung des Problems geschehen wäre, das man für

gelöst erklärt hat. Sofern es sich übrigens um die Fixation verschiedener Farben auf Metallen handelt, wird es nicht am unrechten Orte sein, an die bewundernswürdigen Irisfarben zu erinnern, welche Herr Nobili so schön zu erzeugen wußte, und womit er z. B. die Deckel mehrerer Tabaksdosen verziert hat.

Neuntes Kapitel.

Das Talbot'sche Verfahren.

Herr Talbot hat seine erste Arbeit der königlichen Societät in London am 30. Januar 1839 vorgelegt; und diese interessante Arbeit ist einige Zeit nachher vollständig im Athenäum veröffentlicht worden. Herr Talbot stellte die Bilder der Camera obscura auf Papier dar, welches mit einer besondern Substanz geschwängert worden; er gab noch nicht an, weder, worin diese Substanz bestand, noch durch welches Verfahren das Papier zubereitet war, noch mittelst welcher Methode man ihm nach geschehener erster Einwirkung des Lichtes seine Empfindlichkeit gegen dasselbe raubte. Nach der Abhandlung des berühmten englischen Physikers sollte man glauben, daß in seinen Bildern daß Weiß den lichten, das Schwarz den lichtlosen Stellen entsperche; aber das Gegentheil scheint aus einem Artikel der Literary Gazette vom 2. Februar hervorzugehen, worin über die Ausstellung verschiedener Bilder, welche in den Sälen der Royal Institution statt gehabt, berichtet wird. Auch über diesen Punkt bedarf es also erst noch weiterer Aufklärungen.

Nach derselben Abhandlung bedient sich Herr Talbot seiner Verfahrungsweisen, um genaue Copieen, Facsimiles von Zeichnungen, Kupferstichen und Manuscripten zu erlangen. Das Blatt, von welchem man einen Abdruck wünscht, wird, mit der Bildseite nach Unten, auf das präparirte Papier aufgepreßt. Das Sonnenlicht dringt allmälich hindurch, ausgenommen auf den schwarzen und undurchsichtigen Linien des Kupferstiches, der Zeichnung oder Schrift, und gibt demgemäß ein vollkommenes Abbild davon, worin aber das Schwarz dem

Weiß und umgekehrt entspricht. Dadurch, daß man die verkehrte Copie demselben Verfahren unterwirft, kommt Alles wieder in die natürliche Ordnung.

Auch bei dieser letzten Anwendungsweise der Lichtwirkung mußte es Herrn Talbot begegnen, daß ihm Herr Niepce zuvorgekommen ist. Personen, welche in Beziehung zu dem Optikus Herrn Charles Chevalier gestanden, können sich erinnern, bei ihm eine Christusfigur auf einer Metallplatte gesehen zu haben, welche von einem Stich auf Metall mittelst der Sonnenstrahlen übertragen worden war. Die betreffende Platte war Herrn Charles Chevalier im Jahre 1829 übergeben worden. Dieser junge Künstler hat, nachdem die Reclamation Herrn Talbot's bekannt geworden, diese Platte in meine Hände niedergelegt. Die Lichter und Schatten finden sich auf ihr im Sinne des Originals, d. i. ohne Verkehrung, wieder. Herr de Laguiche war im Besitz einer ähnlichen Platte, die er ebenfalls von Herrn Niepce erhalten.

Ich bekenne meine tiefe Achtung für Herrn Talbot, und habe die Ansprüche dieses geschickten Physikers mit denen des Herrn Daguerre nur mit dem festen Vorsatze, in den Gränzen der strengsten Gerechtigkeit zu bleiben, abgewogen. Niemand, und Niemand weniger als ich, hat die vollkommene Aufrichtigkeit Herrn Talbot's in Zweifel ziehen können; als aber dieser sinnreiche Forscher aus mangelhafter Kenntniß des Sachverhaltes die Priorität der Entdeckung förmlich reclamirte, würden wir, Herr Biot und ich, unsere Pflicht versäumt haben, hätten wir Details zurückhalten wollen, welche uns durch das Vertrauen Herrn Daguerre's zu Gebote standen, und welche mit vollkommener Evidenz in Widerspruch mit den Ansprüchen des englischen Physikers beweisen, daß die Priorität in jeder Beziehung unsern beiden Landsleuten angehört. Dazu waren die im Jahre 1839 von Herrn Talbot angewandten Verfahrungsweisen, so viel sich nach der Abhandlung vom 30. Januar beurtheilen läßt, nur dieselben, welche die Herren Niepce und Daguerre zu Anfange versucht haben, und welchen Herr Daguerre die weit vollkommenere Methode substituirt hat, deren Ergebnisse die Bewunderung des Publikums erweckt haben.

Die Photographie auf Papier hat seit 1839 viele Fortschritte gemacht; man weiß heutzutage, daß sie im Princip darauf zurück-

kommt, nach einander zwei Abdrücke von dem Bilde des darzustellenden Gegenstandes zu machen. Beim ersten, welcher der negative heißt, wirkt das Bild der Camera obscura auf ein Papier, welches durch Jodsilber und salpetersaures Silberoxyd empfindlich gemacht ist; man taucht den Abdruck in eine Auflösung von Gallussäure, und sieht alsdann die Lichter und Halbtinten in mehr oder weniger dunkles Schwarz übergehen, während die Schatten weiß bleiben. Man fixirt das Bild durch eine Waschung mit einer Auflösung von unterschwefligsaurem Natron, wie bei den Daguerre'schen Platten, und läßt das Papier trocknen. Bedeckt man ein, für die Wirkung des Lichtes empfindliches Papier mit dem negativen Abdrucke, und setzt beide Blätter zusammen in einem Rahmen der Wirkung des zerstreuten Sonnenlichtes aus, so erhält man ein positives Bild, indem das Licht durch die hellen Stellen des negativen Bildes durchwirkt, durch die schwarzen aber nicht zu wirken vermag. Man entwickelt dann das Bild und fixirt es wie oben angegeben. Begreiflich lassen sich mittelst eines einzigen negativen Abdruckes viele positive herstellen.

Zehntes Kapitel.

Von den Anwendungen der Photographie.

Beim Anblick der ersten von Herrn Daguerre ausgestellten Bilder mußte sich Jedem der Gedanke aufdrängen, welchen außerordentlichen Vortheil während der ägyptischen Expedition ein so genaues und schnelles Mittel der Wiedergabe gewährt haben würde; mußte Jedem beifallen, daß, wenn die Photographie schon im Jahre 1798 bekannt gewesen, wir heute im Besitz getreuer Bilder einer guten Anzahl emblematischer Darstellungen sein würden, die der gelehrten Welt durch die Habgier der Araber und den Vandalismus gewisser Reisenden verloren gegangen sind.

Um die Millionen und aber Millionen Hieroglyphen zu copiren, welche die großen Monumente von Theben, Memphis, Karnak u. s. w. sogar äußerlich bedecken, würde eine lange Reihe von Jahren und würden Legionen von Zeichnern erforderlich sein. Mittelst des Da-

guerreotyps vermöchte ein einziger Mensch diese unendliche Arbeit zu gutem Ende zu führen. Man versehe das ägyptische Institut mit zwei oder drei Daguerre'schen Apparaten; und man wird große Flächen wahrheitsgetreuer Hieroglyphen für die fingirten oder blos conventionellen Zeichen erhalten, die sich auf mehreren der großen Tafeln des berühmten Werkes finden, welches die Frucht unserer unsterblichen Expedition war. Die photographischen Abbilder werden an Treue, an Localfarbe alle Werke der geschicktesten Maler übertreffen, und außerdem, weil sie nach den Regeln der Geometrie erzeugt werden, mit Hülfe einer kleinen Anzahl von Datis gestatten, zu den genauen Dimensionen der höchsten, der unzugänglichsten Theile der Gebäude zu gelangen.

Diese Erinnerungen, in welchen die so eifrigen, so berühmten Gelehrten und Künstler, welche der Armee des Orients beigegeben waren, nur ganz mißverständlich den Schatten eines Tadels finden könnten, werden unstreitig den Gedanken auf die Arbeiten lenken, welche heutzutage in unserem eigenen Lande unter der Controle der Commission der historischen Monumente ausgeführt werden. Jedem wird sich sofort die höchst wichtige Rolle darbieten, welche die photographischen Methoden in diesem großen Nationalunternehmen zu spielen bestimmt sind; Jeder wird zugleich übersehen, daß die neuen Verfahrungsarten den Vortheil einer geringeren Kostspieligkeit haben, ein Vortheil, der, um es im Vorbeigehen zu sagen, im Felde der Kunst selten Hand in Hand mit der Vollkommenheit der Erzeugnisse geht.

Fragt man sich endlich, ob die Kunst, an und für sich betrachtet, von der Untersuchung und dem Studium jener Bilder, die ihren Ursprung dem feinsten Agens der Natur, den Lichtstrahlen, verdanken, irgend welche Förderung erwarten kann, so möge uns Herr Paul Delaroche die Antwort darauf geben.

In einem auf unsere Bitte abgefaßten Aufsatze erklärt dieser berühmte Maler, daß durch die Daguerre'schen Verfahrungsarten gewisse wesentliche Bedingungen der Kunst zu einer solchen Vollendung erhoben sind, daß selbst die geschicktesten Maler einen Gegenstand der Beobachtung und des Studiums darin finden müssen. Was bei den photographischen Bil rn besonders auffällt, ist, daß die feine Aus-

führung, „von einer jede Vorstellung übersteigenden Vollendung in keiner Weise den Totaleffect beeinträchtigt.“ „Die Correctheit der Linien, sagt Herr Delaroche anderwärts, die Präcision der Formen ist in den Daguerre'schen Bildern auf den höchsten Punkt getrieben, und zugleich findet man darin eine breite kräftige Modelirung (un modelé large, énergique) und ein Ensemble, eben so reich in Ton als Wirkung. . . . Der Maler wird in diesem Verfahren das Mittel zur schnellen Sammlung von Studien finden, die er sich sonst nur mit viel Aufwand von Zeit, Mühe, und viel weniger vollkommen verschaffen könnte, wie groß immer sein Talent sein möge.“ Nachdem Herr Delaroche die von Einigen gehegte Meinung, daß die Photographie unsern Künstlern und namentlich unsern geschickten Kupferstechern Eintrag thun könne, durch vortreffliche Gründe bekämpft hat, schließt er seinen Aufsatz durch folgende Erklärung: „kurz, die bewunderns-würdige Entdeckung des Herrn Daguerre ist ein den Künsten geleisteter unschätzbarer Dienst.“ Wir wollen nicht den Fehler begehen, einem solchen Zeugniße noch etwas hinzuzufügen.

Elftes Kapitel.

Ueber die Fähigkeit der photographischen Kunst, eine verbreitete Anwendung zu finden.

Die Erfahrung hat bald gelehrt, daß die photographischen Methoden leicht und wohlfeil genug in ihrer Ausführung sind, um rasch in allgemeinen Gebrauch zu kommen. Zu der Zeit aber, wo ich auf die Erwerbung der Entdeckung der Herren Niepce und Daguerre seitens des Staats hinzuwirken suchte, um das Publikum in den Besitz derselben zu setzen, war die Frage noch nicht müßig.

Folgendes sind die Worte, die ich damals darüber äußerte:

„Ohne verrathen zu wollen, was bis zur Annahme und Erlassung des Gesetzes ein Geheimniß ist und bleiben muß, können wir doch so viel sagen, daß die Tafeln, auf welchen das Licht die bewundernswürdigen Daguerre'schen Bilder hervorbringt, plattirte, d. i. mit

einem dünnen Silberblatt überzogene Kupferplatten sind. Für die Bequemlichkeit der Reisenden so wie aus dem Gesichtspunkte der Ersparniß würde allerdings vorzuziehen gewesen sein, wenn man sich des Papiers bedienen könnte. In der That wandte Herr Daguerre zuerst Papier an, welches mit Chlorsilber oder salpetersaurem Silberoxyd geschwängert war; aber die geringe Empfindlichkeit desselben, das Verwaschene der damit erzeugten Bilder, die Unsicherheit der Erfolge, die Zufälligkeiten, welchen die zur Umwandlung des Hell in Dunkel und umgekehrt bestimmte Operation oft unterlag, konnten nicht verfehlen, einen so geschickten Künstler zu entmuthigen. Wäre er bei diesem ersten Wege stehen geblieben, so würden seine photographischen Bilder vielleicht eine Stelle in unsern Sammlungen als Erzeugnisse eines merkwürdigen physikalischen Versuches einnehmen; sicher aber würde sich die Kammer nicht damit zu beschäftigen haben. Wenn übrigens der Preis von drei bis vier Franken, welche jede der von Herrn Daguerre angewandten Platten kostet, hoch erscheint, so ist billig mit in Rücksicht zu ziehen, daß dieselbe Platte nach einander hundert verschiedene Bilder aufnehmen kann.

„Der unerhörte Erfolg der jetzigen Methode Herrn Daguerre's hängt zum Theil daran, daß er auf einer Substanzschicht von ausnehmender Dünne, auf einem wahren Häutchen operirt. Der Preis der dazu erforderlichen Ingredienzen kommt also nicht in Betracht. Er ist in der That zu geringfügig, um angebbar zu sein.

„Das Daguerreotyp erfordert keine einzige Manipulation, die nicht von Jedermann ausführbar wäre. Es verlangt keine Fertigkeit im Zeichnen, keine Handfertigkeit überhaupt. Wenn man Punkt für Punkt gewisse sehr einfache und nicht sehr zahlreiche Vorschriften befolgt, so muß Jeder gleich gelungene Erfolge damit erhalten, als Herr Daguerre selbst.

„Die Schnelligkeit der Methode ist vielleicht das, was das Publikum am meisten in Erstaunen gesetzt hat. In der That sind kaum zehn bis zwölf Minuten in trüben Winterzeiten erforderlich, die Ansicht eines Monuments, eines Stadttheils, einer Gegend aufzunehmen.

„Im Sommer bei schönem Sonnenschein kann diese Zeit auf die Hälfte verkürzt werden. In südlichen Klimaten werden unstreitig zwei bis drei Minuten hinreichen. Wichtig aber ist dabei zu bemerken, daß diese zehn bis zwölf Minuten im Winter, diese fünf bis sechs Minuten im Sommer, diese zwei bis drei Minuten in südlichen Gegenden blos die Zeit bezeichnen, während welcher die Platte das durch die Linse erzeugte Bild aufzunehmen hat. Hierzu muß man noch die Zeit des Auspackens und die Aufstellung der Camera obscura, die Zeit der Vorbereitung der Platte, und die Zeit der kleinen Operation rechnen, welche erforderlich ist, das einmal erzeugte Bild gegen die Einwirkung des Lichtes unempfänglich zu machen. Die Zeit zur Gesammtheit dieser Operationen wird sich auf eine halbe bis drei Viertel Stunden belaufen können Es war also nur eine Illusion, wenn jüngst Einige bei Antritt einer Reise erklärten, jeden Augenblick, wo die Diligence langsam fahre, benutzen zu wollen, um Ansichten des Landes aufzunehmen. Nicht minder hat man sich getäuscht, wenn man nach den merkwürdigen Erfolgen, die mit Uebertragung von Drucken, von Stichen aus den ältesten Werken erhalten worden sind, geträumt hat, daß sich die photographischen Bilder durch lithographische Uebertragung würden wiedergeben und vervielfältigen lassen. Nicht blos in der moralischen Welt gilt das Wort, daß man mit den guten Eigenschaften die daran hängenden Fehler in den Kauf zu nehmen hat, oft auch findet es in den Künsten seine Anwendung. Der vollkommenen Politur, der unberechenbaren Dünne der Schicht, auf welcher Herr Daguerre operirt, verdanken seine photographischen Bilder ihre feine Ausführung, ihr sammetartiges Aussehen, ihre harmonische Stimmung. Wollte man solche Bilder mit dem Ballen einreiben, der Wirkung der Presse oder Walze unterwerfen, so würde man sie unwiderbringlich zerstören. Ist es aber auch wohl Jemand eingefallen, ein Spitzenband stark zu zerren, oder die Flügel eines Schmetterlings zu bürsten?"

Das Erforderniß, die daguerreotypisch erzeugten Bilder vor jeder Berührung zu schützen, hatte mir ein ernsthaftes Hinderniß der Verbreitung der Methode geschienen. Auch drang ich während der Discussion der Kammern nachdrücklich darauf, zu versuchen, wiefern diese Bilder einen Firniß vertrügen. Da Herr Daguerre wenig ge-

neigt war, auf irgend etwas einzugehen, was den künstlerischen Vorzügen seiner Erzeugnisse einen, wenn auch nur geringen, Nachtheil drohte, so wandte ich mich mit meiner Bitte an Herrn Dumas. Dieser berühmte Chemiker hat gefunden, daß die daguerreotypischen Bilder sich firnißen lassen. Es genügt, auf die Metallplatte eine kochende Auflösung von 1 Theil Dextrin in 5 Theilen Wasser zu gießen. Sollte sich ergeben, daß dieser Firniß nicht in der Länge der Zeit auf die Quecksilberverbindungen wirkt, aus denen das Bild besteht, so wird eine wichtige Aufgabe gelöst sein. In der That, da der Firniß verschwindet, wenn man die Platte in kochendes Wasser taucht, so wird man immer im Stande sein, Alles nach Herrn Daguerre's Sinne wieder herzustellen; von der andern Seite aber auf einer Reise die Gefahr beseitigen können, seine Sammlungen verdorben zu sehen. Im Uebrigen hat Herr Dumas nicht gefunden, daß sein Firniß der Harmonie der Bilder merklich Eintrag thue.

Zwölftes Kapitel.

Wissenschaftlicher Nutzen der Daguerre'schen Erfindung.

Das Mitglied der Akademie, welches schon seit mehreren Monaten die Mittel kannte, mittelst deren das schöne Resultat, die Bilder der Camera obscura zu fixiren, erhalten worden ist, glaubte damals von dem Geheimniß, welches er dem ehrenden Zutrauen Herrn Daguerre's verdankte, keinen Vortheil ziehen zu dürfen. Es schien ihm vielmehr eine schuldige Rücksicht, vor Eingehen auf die breite Bahn von Untersuchungen, welche dem Physiker durch die photographischen Methoden eröffnet ist, zu warten, bis eine Nationalbelohnung dieselben Mittel der Forschung allen Beobachtern zur Verfügung gestellt hätte. Er konnte bezüglich des wissenschaftlichen Nutzens der Erfindung unsers Landsmannes im Jahre 1839 mehr als Vermuthungen aussprechen. Uebrigens sind die Thatsachen klar und handgreiflich; und es ließ sich kaum besorgen, daß die Zukunft ihn Lügen strafen würde. Man möge selbst darüber urtheilen, denn wir geben hier wört-

lich die Bemerkungen wieder, die wir in unserm Berichte an die Deputirtenkammer ausgesprochen.

„Die Substanz, mit welcher Herr Daguerre operirt, ist ein viel empfindlicheres Reagens auf die Wirkung des Lichtes, als alle, deren man sich bisher bedient hatte. Niemals hatten die Strahlen des Mondes, von ihrem natürlichen Zustande nicht zu reden, selbst wenn sie im Focus der größten Linse, des größten Brennspiegels verdichtet wurden, eine bemerkbare physische Wirkung zu äußern vermocht. Die von Herrn Daguerre präparirten Platten hingegen werden durch die Wirkung dieser Strahlen unter Zuziehung der nachfolgenden Operationen so stark weiß, daß man hoffen darf, es werden sich photographische Karten unseres Trabanten fertigen lassen. Das will sagen, man wird binnen einigen Minuten eine der langwierigsten, minutiösesten, feinsten Arbeiten der Astronomie auszuführen im Stande sein.

„Ein wichtiger Zweig der Wissenschaften, welche auf Beobachtung und Rechnung fußen, der, welcher von der Intensität des Lichtes handelt, die Photometrie, hat bis jetzt wenig Fortschritte gemacht. Dem Physiker gelingt es ziemlich gut, die verhältnißmäßigen Intensitäten zweier einander naher und zugleich wahrgenommener Lichter zu bestimmen, aber man hat nur unvollkommene Mittel, einen solchen Vergleich anzustellen, wenn die Bedingung der Gleichzeitigkeit nicht erfüllt ist; wenn man ein gegenwärtig sichtbares Licht mit einem andern zu vergleichen hat, welches erst sichtbar wird, nachdem das erste verschwunden ist.

„Die künstlichen zur Vergleichung dienenden Lichter, wozu der Beobachter in solchen Fällen seine Zuflucht zu nehmen genöthigt ist, haben selten die erforderliche Dauer und Unveränderlichkeit; selten auch, und namentlich wenn es sich um den Vergleich der Gestirne handelt, die erforderliche Weiße. Daher finden sich sehr starke Abweichungen zwischen den vergleichenden Intensitätsbestimmungen von Sonne und Mond, von Sonne und Sternen, welche von verschiedenen gleich geschickten Beobachtern herrühren; weshalb auch die aus diesen letztern Vergleichsbestimmungen zu ziehenden Folgerungen bezüglich der bescheidenen Stelle, welche unsere Sonne unter den Milliarden von Sonnen, mit denen das Firmament besäet ist, einzunehmen hat,

selbst in den Werken der mindest ängstlichen Autoren noch mit einem gewissen Rückhalt vorgetragen werden.

„Stehen wir nicht an, es zu sagen: die von Herrn Daguerre entdeckten Reagentien werden die Fortschritte einer der Wissenschaften beschleunigen, welche dem menschlichen Geist am meisten Ehre machen. Mit ihrer Hülfe wird der Physiker künftig auf absolute Intensitätsbestimmungen eingehen können: er wird die Lichter nach ihren Wirkungen vergleichen. Findet er es seinem Zwecke gemäß, so wird dieselbe Tafel ihm die Wirkung der blendenden Sonnenstrahlen, der 300000 mal schwächern Mondstrahlen, der Strahlen der Sterne vorführen. Er wird diese Wirkung dadurch auf Gleichheit zurückführen, daß er entweder die stärksten Lichter abschwächt, wozu durch die neueren Entdeckungen vortreffliche Hülfsmittel gegeben sind, deren Anführung jedoch hier nicht am Orte sein würde, oder daß er die hellsten Strahlen beispielsweise nur 1 Secunde lang wirken, und die Wirkung der andern nöthigenfalls bis zu einer halben Stunde fortgehen läßt. Uebrigens gilt im Allgemeinen, daß, wenn Beobachter ein neues Instrument zum Studium der Natur in Anwendung setzen, die Hoffnungen, die sie daran knüpfen, immer weit durch die Reihe von Entdeckungen übertroffen werden, zu welchen das Instrument führt. In diesem Felde ist es hauptsächlich das, was man nicht vorhersehen konnte, worauf man zu rechnen hat.*) Sollte

---

*) Folgendes ist eine Anwendung, der das Daguerreotyp fähig sein wird, und welche mir viel Interesse darzubieten scheint.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß das Sonnenspectrum kein Continuum ist, sondern daß transversale Unterbrechungen, ganz schwarze Linien, darin vorkommen. Finden eben solche Unterbrechungen der Continuität in den dunkeln Strahlen statt, welche die photographischen Wirkungen zu erzeugen scheinen? Und wenn es deren gibt, entsprechen sie den schwarzen Linien des Spectrums?

Da mehrere der schwarzen Querlinien des Spectrums schon mit bloßen Augen oder ohne vergrößernde Darstellung auf der Netzhaut sichtbar sind, so wird die hier gestellte Aufgabe leicht zu lösen sein. Man wird eine Art künstlicher Augen herstellen, indem man eine Linse zwischen das Prisma und den Schirm, auf welchen das Spectrum fällt, bringt, und wird dann, nöthigenfalls mit Hülfe einer Loupe, untersuchen, welche Stelle die schwarzen Linien des photographischen Bildes in Bezug zu denen des Lichtspectrums einnehmen.

dieser Gedanke paradox erscheinen? Ich führe Einiges an, was ihn rechtfertigen wird.

„Kinder bringen zufällig zwei linsenförmige Gläser mit verschiedenen Brennweiten an den beiden Enden eines Rohres an. Sie stellen damit ein Instrument her, welches die fernen Gegenstände vergrößert, welches sie so darstellt, als wenn sie sich in der Nähe befänden. Die Beobachter bemächtigten sich desselben blos mit der bescheidenen Hoffnung, Gestirne, die seit den ältesten Zeiten bekannt waren, aber bis dahin nur unvollkommen beobachtet werden konnten, etwas besser sehen zu können. Kaum aber ist es nach dem Himmel gerichtet, so entdeckt man Myriaden neuer Welten damit, so dringt man damit in die physische Constitution der sechs Planeten der Alten ein, und findet, daß sie gleich der Erde Berge haben, deren Höhen man mißt, sowie Atmosphären, deren Stürmen man folgt; daß Bildung und Schmelzung von Polareis eintritt wie solches an den Erdpolen vorkommt; daß endlich Rotationsphänomene sich zeigen, gleich denen, welche hier unten den Wechsel von Tag und Nacht bedingen. Auf den Saturn gerichtet macht das Rohr der Kinder des Brillenmachers von Middelburg eine Erscheinnng sichtbar, deren Fremdartigkeit Alles übertrifft, was die heißeste Einbildungskraft sich träumen lassen konnte. Wir meinen jenen Ring, oder, wenn man lieber will, diese Brücke ohne Pfeiler von 71000 Lieues Durchmesser, 12000 Lieues Breite, welche die Kugel des Planeten von allen Seiten umgibt, ohne ihm irgendwo näher als 9000 Lieues zu kommen. Hat irgend Jemand vorausgesehen, daß das Fernrohr in seiner Anwendung zur Beobachtung der vier Jupitersmonde finden lassen würde, daß sich die Lichtstrahlen mit einer Geschwindigkeit von 77000 Lieues in der Secunde bewegen; daß es, in seiner Verbindung mit graduirten Instrumenten den Nachweis liefern würde, daß es keine Sterne gibt, deren Licht unter drei Jahren zu uns gelangt; daß man endlich auf Grund gewisser Beobachtungen, gewisser Analogieen durch seine Hülfe mit einer an Gewißheit gränzenden Wahrscheinlichkeit würde schließen können, daß der Lichtstrahl, mittelst dessen wir in einem gegebenen Augenblicke gewisse Nebelflecke erblicken, vor mehreren Millionen Jahren davon ausgegangen sei; mit andern Worten, daß diese Nebelflecken wegen

der Zeit, welche das Licht zu seiner Fortpflanzung braucht, auf der Erde noch mehrere Millionen Jahre nach ihrem vollkommenen Verschwinden sichtbar sein würden?

„Das zur Beobachtung in der Nähe bestimmte Mikroskop würde zu ähnlichen Bemerkungen Anlaß geben; denn die Natur ist nicht minder bewundernswürdig, nicht minder mannigfaltig im Kleinsten als im Größten. Zuerst zur Beobachtung einiger Insekten gebraucht, welche die Naturforscher blos in vergrößerter Gestalt zu sehen wünschten, um sie besser in Kupferstich darstellen zu können, hat das Mikroskop nachmals und ohne daß eine Vermuthung zuvor dafür bestand, in der Luft, im Wasser, in allen Flüssigkeiten jene Thierchen, die Infusorien, diese sonderbaren Erzeugnisse erkennen lassen, in denen man hoffen darf, dereinst die ersten Keime einer rationellen Erklärung der Lebenserscheinungen zu finden. Noch jüngst auf winzige Stückchen verschiedener Steinarten gerichtet, welche zu den härtesten, compaktesten gehören, aus denen unsere Erdrinde besteht, hat das Mikroskop den erstaunten Augen des Beobachters die Entdeckung dargeboten, daß diese Steine gelebt haben, daß sie aus einem Teige gebildet sind, der Millionen von Milliarden unter einander verklebter Thierchen enthält.

„Man wird sich erinnern, daß diese Abschweifung bestimmt war, diejenigen zu enttäuschen, die untriftigerweise die wissenschaftlichen Anwendungen der Daguerre'schen Verfahrungsarten auf den jetzt zu übersehenden Rahmen, dessen Umkreis wir gezogen haben, beschränken möchten. Wohlan, die Thatsachen rechtfertigen schon unsere Hoffnungen. So könnten wir darauf hinweisen, wie man schon daran gedacht hat, welche Hülfsmittel einer schnellen Orientirung der Topograph der Photometrie wird entlehnen können; aber wir wollen directer auf unser Ziel losgehen, indem wir hier eine sonderbare Beobachtung anführen, von welcher Herr Daguerre uns gestern unterhielt: nach ihm sind die Stunden des Morgens und des Abends, welche gleich weit vom Mittage entfernt sind, und daher gleichen Höhen der Sonne über dem Horizonte entsprechen, doch nicht gleich günstig für die Erzeugung photographischer Bilder. So kommt das Bild in allen Jahreszeiten und unter scheinbar ganz gleichen atmosphärischen Verhält-

nissen etwas schneller z. B. um 7 Uhr Morgens als um 5 Uhr Nachmittags, um 9 Uhr als um 3 Uhr zu Stande. Nehmen wir dies Resultat als constatirt an, so wird der Meteorolog ein Element mehr in seinen Tabellen zu verzeichnen haben, und zu den seit lange üblichen Beobachtungen des Thermometer-, Barometer-, Hygrometerstandes und der Durchsichtigkeit der Luft noch die eines Elementes fügen müssen, welches die vorgenannten Instrumente nicht anzeigen; er wird eine eigenthümliche Absorption mit in Rechnung nehmen müssen, welche nicht ermangeln kann einen Miteinfluß auf viele andere Erscheinungen zu äußern, selbst solche, die in das Gebiet der Physiologie und Medicin gehören *)."

*) Die Bemerkung Herrn Daguerre's über die constante Verschiedenheit zwischen den relativen Wirkungen des Sonnenlichtes zu Tagesstunden, wo das Gestirn gleich hoch über dem Horizonte steht, scheint, wie man zugestehen muß, Schwierigkeiten mehr als einer Art bei den photometrischen Untersuchungen, zu welchen man das Daguerreotyp zu benutzen wünscht, mitführen zu müssen.

Als die Daguerre'schen Verfahrungsarten zuerst bekannt wurden, hat man sich im Allgemeinen wenig geneigt gefunden, anzunehmen, daß sich auch Portraits damit würden zu Stande bringen lassen. In der That enthält die Aufgabe zwei scheinbar unvereinbare Bedingungen. Sollte das Bild hinreichend schnell entstehen, d. h. binnen drei bis fünf Minuten, während welcher von einer lebenden Person eine unbewegliche Haltung erwartet und gefordert werden kann, so mußte dieselbe in voller Sonne sitzen; in voller Sonne aber wird selbst die unempfindlichste Person durch das helle Licht zu einem beständigen Blinzeln mit den Augen genöthigt; sie verzieht die Mienen, und der ganze Gesichtsausdruck wird verändert.

Herr Daguerre hat gefunden, daß die durch gewisse blaue Gläser hindurchgehenden Strahlen fast die volle Wirkung des farblosen Sonnenlichts auf den Jodsilberüberzug seiner Platten äußern. Dadurch nun, daß ein solches Glas zwischen die Person, welche sitzt, und die Sonne eingebracht würde, ließe sich ein Lichtbild fast ebenso schnell als ohne das Glas erhalten, und dabei wäre das Licht doch sanft genug, daß keine Verzerrung der Züge oder zu häufiges Blinzeln mit den Augen einträte.

Im Uebrigen dauerte es nicht lange, so entdeckte man Substanzen, welche noch empfindlicher für das Licht sind, als das bloße Jodsilber. Nachdem man eine mit Silber plattirte Platte jodirt hat, unterwirft man sie einige Augenblicke der Wirkung des Chlors und des Bromdampfes; dann bedarf es keiner Minute, nur etwa 30 bis 40 Secunden, um den Eindruck des Bildes der Camera obscura auf der empfindlichen Schicht zu erhalten.

Dreizehntes Kapitel.

Ueber die Darstellung der Farben.

Man hat sich gefragt, ob, nachdem mittelst des Daguerreotyps die wunderbarste Abstufung von Schatten und Licht wiedergegeben worden ist, es nicht auch möglich sein würde, Farben dadurch zu erhalten, und hiermit Gemälde an die Stelle der Bilder in Aquatinta, die man gegenwärtig damit erzeugt, zu setzen.

Diese Aufgabe wird an dem Tage gelöst sein, wo man entdeckt haben wird, daß eine und dieselbe Substanz von den rothen Strahlen roth, von den gelben gelb, von den blauen blau u. s. f. gefärbt zu werden vermag. Herr Niepce bezeichnete schon derartige Wirkungen, wobei meiner Ansicht nach das Phänomen der Farbenringe eine Rolle spielte. Vielleicht gilt dies auch von dem Roth und Violett, welches Seebeck gleichzeitig auf Chlorsilber an den beiden entgegengesetzten Enden des Spectrums erhielt. Herr Quetelet hat mir einen Brief mitgetheilt, in welchem Sir John Herschel ankündigt, daß sein empfindliches Papier, nachdem es einem sehr hellen Sonnenspectrum ausgesetzt worden, alle prismatischen Farben mit Ausnahme des Roth zeigte. Endlich ist Herr Edmund Becquerel dahin gelangt, die Daguerre'schen Platten so zuzubereiten, daß Bilder, deren Farben an die der Gegenstände erinnern, darauf entstehen, aber ohne verhindern zu können, daß diese Bilder unter dem Einflusse des zerstreuten Tageslichtes ausbleichen oder erlöschen.

Diesen Thatsachen gegenüber würde es unstreitig gewagt sein, die Möglichkeit schlechthin in Abrede zu stellen, daß die natürlichen Farben der Gegenstände sich jemals photographisch werden wiedergeben lassen.

Da Hr. Daguerre bei seinen ersten Versuchen über Phosphorescenz ein Pulver entdeckt hatte, welches nach Bestrahlung mit rothem Lichte roth leuchtete, ein anderes, welchem blaues Licht eine blaue, ein drittes, welchem grünes eine grüne Phosphorescenz ertheilte, so mengte er diese Pulver mechanisch, und erhielt so eine einzige Mischung, welche in rothem Lichte roth, in grünem grün, in blauem blau wurde.

Vielleicht wird man nach einem ähnlichen Verfahren durch Mengung verschiedener Harze zu einem Firniß gelangen, welchem jede Art Licht seine Farbe nicht mehr im Wege der Phosphorescenz, sondern infolge photographischer Wirkung einzuprägen vermag.

Vierzehntes Kapitel.

Von der photographischen Gravirkunst.

Kurze Zeit nach der Veröffentlichung der Daguerre'schen Verfahrungsarten dachten mehrere Personen daran, die Lichtbilder zu graviren und durch Abdrücke zu vervielfältigen. Ich hatte damals darauf hinzuweisen, daß schon Herr Niepce, der Vater, die Lichtbilder mittelst eines Aetzverfahrens in Platten, geeignet Abdrücke zu geben, verwandelt hatte. Was Herrn Daguerre anlangt, so hatte er, wenn schon seit lange mit Versuchen über die Wirkung verschiedener Säuren in flüssigem und gasförmigem Zustande beschäftigt, doch Nichts davon bekannt gemacht, weil die Resultate ihm fruchtlos zu sein und bleiben zu müssen schienen.

Folgendes sind die Erklärungen, welche mir Herr Daguerre in dieser Beziehung hat zukommen lassen, und welche ich der Akademie der Wissenschaften am 30. Sept. 1839 mitgetheilt habe:

„Wie man weiß, wird nach dem Verfahren von Herrn Niepce Vater, mit welchem ich mich associirt hatte, ein Firniß von Asphalt auf eine Metallplatte aufgetragen, und durch ein von ihm angegebenes Lösungsmittel das Metall an den vom Lichte nicht getroffenen Stellen ganz frei gelegt. Da Hr. Niepce sich seines Verfahrens hauptsächlich zur Copirung von Kupferstichen bediente, welche mit der empfindlichen Schicht in Berührung gesetzt wurden, so kann es nicht befremden, daß er daran dachte, seine Platte mittelst einer Säure zu ätzen; denn darin, daß sie sich an den braunen Stellen entblößt und an den lichten bedeckt fand, bot sie ganz entsprechende Bedingungen dar, als der Stich fordert. Andererseits war die Zeichnung auch zum Graviren geeignet, weil sie aus dem Abdrucke eines Kupferstichs hervorgegangen war. Inzwischen, da es nicht möglich war, zu wiederholten Malen zu ätzen,

ohne die Kunst des Graveurs zu Hülfe zu nehmen, und mithin alle Einschnitte dieselbe Tiefe hatten, so war der Erfolg nur sehr mangelhaft, wie Sie nach der Platte urtheilen können, die ich Ihnen vorlege, und dem Abzuge, der davon gemacht ist. (Dieser Abzug war mir von Herrn Niepce vor unserer Association gegeben worden.) Begreiflich konnte diese Anwendung des Niepce'schen Verfahrens zum Stich keinen Platz bei den in der Camera obscura erhaltenen Bildern finden, weil bei letzteren der Firniß nur in den sehr kräftigen Stellen ganz entfernt ist, und die Halbtinten nur durch eine größere oder geringere Dicke des Firnisses entstehen; wonach es unmöglich ist, daß die Säure in gleichem Verhältniß darauf wirkt, wie ich dies schon in einer dem Niepce'schen Verfahren beigefügten Anmerkung gesagt habe. Dieser Nachtheil ist durch die von mir an dem Niepce'schen Verfahren angebrachten Abänderungen verschwunden; ich habe nämlich das Asphalt durch den Rückstand des ätherischen Lavendelöls ersetzt, und dieser Rückstand, in Alkohol aufgelöst und auf einer Metall- oder Glasplatte verbreitet, erzeugt keine zusammenhängende Schicht, sondern bietet auf der ganzen Oberfläche eine Reihe Harzkügelchen dar, welche das Metall zwischen sich frei lassen. Hiernach läßt sich die Platte mittelst einer Säure ätzen, und dies habe ich an einem in der Camera obscura erhaltenen Bilde auf Glas mittelst Flußsäure ausgeführt, und um den Erfolg davon sichtbar zu machen, die von der Säure angegriffenen Theile des Glases mit Schwarz versehen.

„Aber dies Bild war sehr mangelhaft, denn da die Säure überall gleichmäßig eingewirkt hatte, so fehlte es an der erforderlichen Abstufung der Tinten, ein Nachtheil, der unvermeidlich ist, sofern man mittelst einer einmaligen Aetzung eine Platte behandelt, deren Ausführung nicht darauf berechnet ist. Diese Details reichen schon hin, zu zeigen, daß ich mich mit dem Graviren der Bilder beschäftigt habe, und wenn ich in der Beschreibung der am Niepce'schen Verfahren von mir angebrachten Abänderungen nicht davon gesprochen, so war der Grund der, daß ich die Erfolge für zu unvollkommen hielt.

„Durch die Correspondenz des Herrn Niepce ist hinreichend erwiesen, daß ich im Maimonat 1831 die Einwirkungsweise des Lichts auf das jodirte Silber entdeckt habe. Zur Entdeckung der Anwen-

dung des Quecksilbers gelangte ich erst im Jahre 1835. Wie leicht zu erachten, mußte ich in dieser Zwischenzeit von vier Jahren zwischen beiden Entdeckungen eine große Menge Versuche anstellen, und da ich immer Metallplatten zu diesen Versuchen anwandte, mußte mir oft der Gedanke kommen, das Bild mittelst Gravirens zu fixiren.

„Zu dieser Zeit wußte ich noch nicht, daß das Bild auf dem Jod existirt, bevor es sichtbar ist, und erwartete, daß es durch die Färbung des Jods zum Vorschein kommen würde. Dieses Bild war vergänglich, weil die Färbung ins Unbestimmte vorschritt; außerdem waren Licht und Schatten darin vertauscht. Doch wirkten bei diesem Zustande die Säuren verschieden auf die vom Lichte ungefärbt gelassenen und die dadurch gefärbten Theile, und ich erhielt durch ihre Anwendung eine ausnehmend schwach gravirte Platte.

„Ein Versuch, den ich mit einer aus der Camera obscura hervorgegangenen Platte, auf welcher das Bild vermöge Färbung des Jods durch das Licht sichtbar geworden, angestellt, hatte mir gezeigt, daß die Kohlensäure in Berührung mit der schwach befeuchteten Platte eine sehr weiße Verbindung mit den vom Lichte getroffenen Theilchen des Jod erzeugte, und hierdurch Licht und Schatten in ihr natürliches Verhältniß zurückversetzte; aber die Abstufung der Tinten war unvollkommen. Dieser Versuch hat mir mehrere Male dasselbe Resultat gegeben.

„Ich hatte bemerkt, daß wenn man chlorsaures Kali in eine Schaale thut und mittelst einer Lampe in einem Apparate erhitzt, welcher ungefähr wie der heutzutage für das Quecksilber gebrauchte beschaffen ist, das, wie oben erwähnt, durch Färbung des Jods mittelst des Lichts erzeugte Bild hervortrat, gerade so, wie es gegenwärtig durch Hülfe des Quecksilberdampfes erfolgt.

„Nachdem ich zur Kenntniß der Wirkung des Quecksilbers gelangt war, war damit doch noch keineswegs die Vollkommenheit des Bildes erreicht, welche es gegenwärtig zeigt. Mit Unmuth bemerkte ich die leichte Verwischbarkeit desselben, daher rührend, daß das Quecksilber sich leicht wegreiben ließ, und wollte versuchen, ihm mehr Haltbarkeit zu geben. Zur Erreichung dieses Zweckes fing ich eine Reihe von Versuchen mit Säuren an. Ich wußte, daß es schwer sei, eine

27*

Säure zu finden, welche auf das Quecksilber wirkt, ohne das Silber anzugreifen. Es kam mir aber der Gedanke, daß in der Zeit, welche die Säure braucht, um ihre Wirkung auf das Silber an den Stellen, wo es blos liegt, zu äußern, das Quecksilber dasselbe an den von ihm bedeckten Stellen schützen werde, bis es selbst der Wirkung der Säure weicht. In der That habe ich solchergestalt mancherlei Erfolge mit verschiedenen Säuren erhalten, u. a. mit einem Gemisch von verdünnter Chlorwasserstoffsäure und verdünnter Salpetersäure, so wie mit mehreren sauren Dämpfen. Aber diese Erfolge blieben mangelhaft und zwar immer aus demselben Grunde, den ich oben angegeben, daß man nicht zu wiederholten Malen ätzen kann, ohne die Kunst des Graveurs zuzuziehen. Außerdem entging mir nicht, daß das Silber zu weich ist, um die Erlangung auch nur einer sehr geringen Anzahl Abdrücke davon hoffen zu können.

„Ich muß hierbei bemerken, daß der Zweck, den ich bei diesen Versuchen im Auge hatte, nicht sowohl der war, die Möglichkeit von Abdrücken zu erzielen, als durch Ausfüllung der von der Säure angegriffenen Stellen mit Schwarz den Bildern Kraft zu geben.

„Gegenwärtig, wo das Verfahren zu einer größeren Vollkommenheit gediehen ist und eine Feinheit in Details gewährt, welche die Untersuchung mit der Loupe verträgt, bin ich mehr als je von der Unmöglichkeit überzeugt, durch Anwendung des Gravirens auf die Platte selbst zu Abzügen zu gelangen, welche nur entfernt der Vollkommenheit eines Bildes nahe kommen, wie es durch das jetzige Verfahren bei vollster Wirkung erlangt werden kann; denn in einem Bilde, welches unter Umständen erhalten ist, wo die Luftperspective in ihrer ganzen Abstufung von Schattirungen wiedergegeben ist, sind die kräftigsten Stellen von Quecksilber nothwendig ganz entblößt, was es unmöglich macht, sie mittelst Aetzens wiederzugeben, indem die Aetzung gleichmäßig auf diese Stellen einwirkt und breite Vertiefungen hervorbringt, welche nicht im Stande sind, die Schwärze zu halten. Beim Stich vermeidet man diesen Uebelstand dadurch, daß man nur hinreichend schmale Vertiefungen erzeugt, um die Schwärze halten zu können. Um diese offen daliegende Schwierigkeit zu überwinden, müßte man die zu gravirende Platte dem Quecksilber lange Zeit aussetzen, so

daß es sich allenthalben, selbst an den kräftigsten Stellen des Bildes ansetzte; so würde man eine Art Korn über der ganzen Oberfläche der Platte erhalten; aber auch hiermit würden noch nicht die erforderlichen Bedingungen erfüllt sein; denn Luftperspective und Feinheit der Details würden in den Abdrücken verloren gehen.

„Ich schließe mit der Erklärung, daß ich es für unmöglich halte, durch das Graviren der Platte selbst zu einem Resultate zu gelangen, welches dem gleicht, das sich durch Ausführung des Verfahrens nach allen Regeln erlangen läßt; aber ich meine nicht, daß dasselbe von einer Uebertragung des Quecksilbers auf einen andern Körper gilt, welche wohl zum Zweck führen könnte. Was sich als eine Vervollkommnung ansehen ließe, wäre, wenn es gelänge, das Silber in den kräftigen Stellen zu schwärzen, ohne das Quecksilber anzugreifen; hierdurch würde man das Spiegeln der Platte beseitigen. Eine andere nicht minder wichtige Verbesserung wird man erzielt haben, wenn man zu verhindern vermag, daß das Quecksilber, welches sich an die Stellen des Bildes anhängt, die dem Lichte zu lange ausgesetzt worden sind, seinen Glanz verliere; und ich werde mit größtem Vergnügen die Untersuchungen sich nach dieser Seite richten sehen. Was die Erhaltung der Bilder anlangt, so liegt darin keine Schwierigkeit, sofern man sie immer unter Glas bringen und mit geleimtem Papier einfassen kann, um sie vor der Wirkung der Dämpfe zu schützen, welche allein, namentlich auf das Silber, nachtheilig einwirken können.“

Die Platte und der davon erhaltene Abdruck, wovon in dem Briefe des Herrn Daguerre die Rede war, sind der Akademie vorgelegt worden. Auch hat man die beiden Originalbriefe von Herrn Niepce Vater an Herrn Daguerre, datirt vom Februar und Juni 1827, bezüglich auf das Graviren photogenirter Platten circuliren lassen. Wir geben sie hier wieder:

„Chalon sur Saone, Febr. 1827.

„Mein Herr!

„Ich habe gestern Ihre Antwort auf meinen Brief vom 25. Januar 1826 erhalten. Seit vier Monaten arbeite ich nicht mehr; die schlechte Jahreszeit läßt es durchaus nicht zu. Ich habe meine Verfahrungsweise, auf Metall zu graviren, erheblich vervollkommt; da

ich aber noch keine hinreichend correcten Abdrücke dadurch zu erhalten vermochte, so kann ich dem von Ihnen geäußerten Wunsche nicht entsprechen. Unstreitig habe ich dies mehr in meinem als Ihrem Interesse zu bedauern, mein Herr, da Sie auf einem ganz verschiedenen Wege vorgehen, der Ihnen Resultate von einer Vorzüglichkeit verspricht, wie sie durch das Graviren nicht zu erlangen sein würden; was mich nicht hindert, Ihnen allen Erfolg zu wünschen, den Sie erstreben mögen.

„Ich habe die Ehre u. s. w.

„Chalon sur Saone, den 4. Juni 1827.

„Mein Herr!

„Sie werden fast gleichzeitig mit meinem Briefe eine Kiste erhalten, worin eine nach meinen heliographischen Verfahrungsarten gravirte Zinnplatte befindlich ist, nebst einem Abdruck von der nämlichen Platte, welcher sehr mangelhaft und viel zu schwach ist. Sie werden hiernach beurtheilen können, daß ich Ihrer ganzen Nachsicht bedarf, und daß, wenn ich mich doch endlich entschlossen habe, Ihnen diese Sendung zukommen zu lassen, es aus keinem andern Grunde ist, als um dem von Ihnen geäußerten Wunsche zu entsprechen. Bei alledem glaube ich, daß diese Anwendungsweise des Verfahrens nicht zu verachten ist, da ich bei gänzlicher Unbekanntschaft mit der Kunst des Zeichnens und Gravirens ein derartiges Resultat zu erzielen vermochte. Ich bitte Sie, mein Herr, mir zu sagen, was Sie davon halten. Das Resultat ist nicht einmal von neuem Datum, sondern in letztem Frühjahre erhalten worden; seitdem bin ich durch andere Beschäftigungen von meinen Untersuchungen abgezogen worden. Gegenwärtig, wo das Gefilde in seinem vollsten Schmucke strahlt, will ich sie wieder aufnehmen, und mich ausschließlich mit der Copirung von Ansichten nach der Natur beschäftigen. Hier liegt unstreitig das größte Interesse, was dieser Gegenstand gewähren kann; dabei aber verheimliche ich mir die Schwierigkeiten nicht, die er bezüglich der Anwendung des Gravirens darbietet. Das Unternehmen geht also weit über meine Kräfte hinaus; auch beschränkt sich mein ganzer Ehrgeiz darauf, durch mehr oder minder befriedigende Resultate die Möglichkeit eines vollkommenen Gelingens für die Folge darzuthun, wenn eine geschickte und mit den Ar-

beiten in Aqua tinta vertraute Hand sich der Sache annehmen wollte. Sie werden mich wahrscheinlich fragen, mein Herr, warum ich auf Zinn statt auf Kupfer gravire. Allerdings habe ich mich ebenso des letztern Metalls bedient; aber zu meinen ersten Versuchen mußte ich das Zinn vorziehen, von dem ich mir überdieß einige Platten zu meinen Versuchen in der Camera obscura angeschafft hatte, da dieses Metall durch seine glänzende Weiße viel geeigneter ist, das Bild der dargestellten Gegenstände zu reflectiren.

„Ich setze voraus, mein Herr, daß Sie Ihren ersten Versuchen Folge gegeben haben: Sie waren auf zu gutem Wege, um stehen zu bleiben. Da wir uns mit demselben Gegenstande beschäftigen, so müssen wir ein gleiches Interesse daran haben, unsere Bemühungen zur Erreichung des Zweckes in Wechselwirkung zu setzen; und so werde ich es mit großer Genugthuung vernehmen, wenn der neue Versuch, der sich mit Ihrer vervollkommneten Camera obscura anstellen ließ, einen Ihren Erwartungen entsprechenden Erfolg gehabt hat. In diesem Fall, mein Herr, und wenn Sie keine Indiscretion meinerseits darin finden sollten, würde ich eben so begierig sein, das Resultat davon zu erfahren, als ich mich geschmeichelt finden würde, Ihnen das Resultat der Untersuchungen gleicher Art, womit ich mich beschäftigen werde, mittheilen zu können.

„Genehmigen Sie u. s. w.“

Diese verschiedenen Belege würden ungeachtet ihrer Authenticität und ihres unzweifelhaften Datums doch ohne Gewicht bei einer Prioritätserörterung gegen Jemand sein, der ohne vorherige Kenntniß derselben dem Publikum zuerst Mittheilungen über die Verbindung der photographischen Methoden mit der Gravirkunst gemacht hätte. In diesem Bezuge geht die Priorität des Herrn Niepce aus einer detaillirten Anführung des 8. Artikels des Vertrags hervor, welche in der Sitzung der Akademie geschehen, in der die photographischen Methoden veröffentlicht wurden. In dieser Anführung, deren sich funfzig Personen erinnern, habe ich bemerkt, daß Hr. Niepce es vortheilhaft gefunden, ein wenig Wachs zu seinem Firniß zu fügen, wenn er ein Bild für eine zu gravirende Platte herstellte. Auch habe ich Herrn Lemaitre als den Graveur genannt, mit welchem sich die Herren Niepce und

Daguerre zur Vervollkommnung der als erste Entwürfe zu betrachtenden Platten associirt hatten.

Folgender Artikel des, am 14. Dec. 1829 zwischen den Herren Niepce und Daguerre abgeschlossenen, provisorischen Vertrags beweist, daß die beiden Associés auch damals noch hofften, das Graviren auf Platten mit photographisch erzeugten Bildern vortheilhaft anwenden zu können:

Art. 8. „Wenn die Contrahenten es zweckmäßig finden sollten, eine Anwendung der genannten Entdeckung zu Zwecken der Gravirkunst zu machen, d. h. die Vortheile zu constatiren, welche für einen Graveur aus der Benutzung der genannten Verfahrungsarten zur Uebertragung der Zeichnungen mit vielen Details auf die Platten hervorgehen könnten, so machen sich die Herren Niepce und Daguerre verbindlich, niemand anders als Herrn Lemaitre zu dieser Anwendung zuzuziehen.“

Im Uebrigen ist in dem Berichte, welchen ich der Deputirtenkammer am 8. Juli 1839 abgestattet habe, und welcher drei Tage nachher zum Druck gelangt ist (s. oben S. 388) „der Uebertragung von Zeichnungen mit vielen Details auf die Platten zum Gebrauch für Kupferstecher“ gedacht. Endlich findet man folgende Stelle von Herrn Niepce in der von Herrn Daguerre veröffentlichten Brochüre:

„Da sich der angewandte Firniß unterschiedslos auf Stein, Metall und Glas auftragen läßt, ohne daß die Manipulation verschieden ist, so werde ich mich blos auf die Manipulationsweise bei silberplattirtem Kupfer und Glas beschränken, indem ich jedoch bezüglich des Gravirens auf Kupfer bemerke, daß man ohne Nachtheil ein wenig in ätherischem Lavendelöl aufgelöstes Wachs in die Zusammensetzung des Firnisses eingehen lassen kann.“

Herr Niepce de St. Victor, welcher mit Erfolg bestrebt ist, die große Kunst, zu deren Entdeckung sein Onkel, Herr Niepce, so viel beigetragen, ferner zu vervollkommnen, ist dahin gelangt, Stiche, die sehr der Beachtung werth sind, dadurch zu erzielen, daß er photographische Bilder auf Stahl übertrug und dann die Platte der Aetzung unterwarf. Diese Versuche lassen hoffen, daß das Problem der heliographischen Gravirkunst dereinst noch vollständig gelöst werden wird.

Fünfzehntes Kapitel.

Schluß.

Ich habe mich in dieser Darstellung bestrebt, darzuthun, daß die Photographie eine durchaus französische Erfindung ist; und ich freue mich, zum Schluß hinzufügen zu können, ohne Herrn Talbot den beträchtlichen Antheil bestreiten zu wollen, welchen er an der Erfindung der Verfahrungsarten zur Herstellung der Bilder auf Papier in Anspruch nehmen kann, daß die vornehmsten Verbesserungen, welche die von den Herren Niepce und Daguerre entdeckte Kunst nach und nach erfahren hat, mit vollem Fuge Franzosen zuzuschreiben sind: Herrn Claudet, welcher den Weg gefunden hat, die Dauer der Ausstellung in der Camera obscura auf einige Secunden zu reduciren; Herrn Fizeau, welcher ein schätzbares Mittel entdeckt hat, den Bildern mehr Ton und Haltbarkeit zu verleihen; Herrn Blanquart-Evrard, welcher die Methoden der Photographie auf Papier verkürzt und vereinfacht hat; Herrn Niepce de St. Victor, der die Photographie auf Glas mit Eiweißüberzug entdeckt hat; Herrn Legray, der dem Eiweiß das Collodium in diesem sehr wichtigen Zweige der neuen Kunst substituirt hat, u. s. w. Dank so vielen, mit Erfolg gekrönten Bestrebungen, hat die Photographie in wenig Jahren eine nicht zu erwartende Vollendung erreicht, und sich in alle Theile der Welt mit einer Schnelligkeit verbreitet, die ich zu der Zeit ihres Ursprungs nicht zu hoffen wagte, wo ich derselben nach der Ansicht von Manchen eine zu glänzende Zukunft weissagte.

Von der Phosphorescenz.

Unter Phosphorescenz versteht man die gewissen Körpern zukommende Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten, wenn sie unter gewisse Umstände versetzt werden.

Benvenuto Cellini scheint zuerst der Phosphorescenz von Mineralien gedacht zu haben. In seinem Werke Due trattati dell' Orificeria, welches zu Anfange des sechszehnten Jahrhunderts erschien, führt er nämlich an, daß er einen Karfunkel im Dunkeln habe leuchten sehen, und fügt hinzu, es sei ein farbiger Stein derselben Art in einem Weinberge bei Rom gefunden worden, welcher seine Gegenwart durch das Nachts von ihm verbreitete Licht verrathen habe. Boyle beobachtete im Jahre 1663, daß ein Diamant, nachdem er erwärmt, gerieben oder einfach gedrückt worden ist, ein Licht gleich dem des Johanniswürmchens von sich gibt.

Homberg, Beccari, Dufay und einige andere Physiker beschäftigten sich auch mit den phosphorescirenden Körpern, ohne über die ziemlich unbestimmten Vorstellungen, welche man bis zum Ende des 18. Jahrhunderts über diese sonderbaren Erscheinungen hatte, sonderlich hinauszugehen.

In einem Aufsatze von Pallas, der im J. 1783 in den ersten Bd. der petersburger Memoiren eingerückt ist, wird erwähnt, daß der Flußspath von Katharinenburg durch die bloße Wärme der Hand, nur eine halbe Minute darin gehalten, leuchtend wird. Der Lichtschein, welchen der Krystall hiernach verbreitet, ist weißlich und blaß; bei der Siedhitze wird er grün; bei noch höherer Temperatur geht er

aus Seladongrün in das schönste Türkisblau über, eine Erscheinung, welche die gemeinen Flußspathe nicht darbieten.

Die allgemeine Farbe des Gesteinganges ist ein blasses Violett; hier und da sieht man dunklere Stellen; sonst bemerkt man weißlich durchscheinende manchmal ins Grün ziehende Schichten. Die grünlichen Adern sind es, welche die Eigenschaft zu phosphoresciren im höchsten Grade besitzen und durch Erhitzung am lebhaftesten blau werden. Bei den Flußspathen vom Berge Ubukun in der Nähe des Selenga, und denen von Breitenbrunn in Sachsen, welche auf einem violetten Grunde grün geadert sind, werden die grünen Adern durch mäßige Erwärmung leuchtend, während der übrige Theil keinen merklichen Lichtschein verbreitet und manchmal gar kein Phosphorescenzvermögen besitzt.

Wedgwood, im J. 1792 (Philosophical Transactions Bd. LXXXII, S. 28—270), und der Abbé Hauy, im J. 1801 (Traité de minéralogie), untersuchten das Phosphorescenzvermögen bei einer gewissen Zahl von Mineralien; sie brachten dasselbe dadurch zum Vorschein, daß sie das Mineral in gepulvertem Zustande auf ein heißes Eisen warfen. Außer dem faulen Holze und einigen Mineralsubstanzen zählte man nach diesen Untersuchungen ein Dutzend phosphorescirender Körper.

Der Gegenstand ward im J. 1819 einer neuen Untersuchung durch Brewster unterworfen.*) „Bei meinen Versuchen, sagt dieser berühmte Physiker, pulverte ich den Körper niemals, sondern warf jedesmal ein Bruchstück desselben auf eine dicke Masse heißen Eisens, nachdem dieselbe zuvor in ein dunkles Zimmer gebracht worden. Wenn sich die Phosphorescenz bei Anwendung dieser Methode nicht leicht zeigte, so nahm ich einen Pistolenlauf, und that nach Verstopfung seiner vordern Mündung das Mineral in den hintern Theil, den ich dann über das Feuer brachte. Vor Beginn der Rothglühhitze erkannte ich die Phosphorescenz leicht durch Hineinsehen in den Lauf; was ich manchmal durch eine Glasplatte hindurch that, um mein Auge vor der heißen Luft zu schützen, manchmal durch ein kleines Fernrohr, welches so gestellt war, daß im Grunde des Laufs befindliche Gegenstände deut-

*) Diese Untersuchung ist in dem Edinb. philos. Journ. von Brewster und Jameson 1819 S. 483 enthalten. Anm. d. d. Ausg.

lich dadurch gesehen werden konnten. Andermal brachte ich das Mineral erst in den Lauf ein, nachdem er aus dem Feuer genommen worden, und die Rothglühhitze ganz vorbei war.“

Solchergestalt hat Brewster folgende Resultate erhalten:

Tabelle der phosphorescirenden Mineralien.

	Namen der Mineralien.	Farbe oder Aussehen der Mineralien.	Farbe, Intensität, Aussehen ihres Lichtes.
	Flußspath	rosa (pink)	grün.
	„	purpur	bläulich.
	„	bläulichweiß	blau.
	Dichter Fluß	gelblich	schön grün.
5	Sandartiger Fluß	weiß	weißer Funken.
	Kalkspath	gelb	gelb.
	„	durchsichtig	gelblichroth.
	Kalkstein aus dem nördl. Irland	—	gelblichroth.
	Phosphors. Kalk	rosa	gelb.
10	Arragonit	schmutzigweiß	röthlichgelb.
	Kohlens. Baryt	weißlich	blaßweiß.
	Harmotom	farblos	röthlichgelb.
	Dipyr	weiß	Lichtflecken.
	Grammatit von Glentilt	—	gelb.
15	„ „ Cornwall	—	bläulich.
	Topas aus Aberdeenshire	blau	bläulich.
	„ „ Brasilien	gelb	schwach, gelblich.
	„ „ Neuholland	weiß	bläulich.
	Rubellit	röthlich	scharlach.
20	Schwefels. Kalk	gelblich	schwaches Licht.
	„ Baryt	gelb	blasses Licht.
	„ „	schieferfarbig	blasses Licht.
	„ Strontian	bläulich	ein Stück leuchtete recht hell.
	„ Blei	durchsichtig	schwach u. unterbrochen.
25	Anhydrit	röthlich	schwaches Licht.
	Sodalit	dunkelgrün	recht hell.
	Magnesiaspath	gelblich	schwach, weiß.
	Rothgültigerz	roth	recht hell, aber flüchtig.
	Barystrontianit	weiß	schwach.
30	Arseniks. Blei	gelblich	lichtweiß.
	Sphen	gelb	lichtweiß.

	Namen der Mineralien.	Farbe oder Aussehen der Mineralien.	Farbe, Intensität, Aussehen ihres Lichtes.
	Tremolit	weißlich	röthlichgelb.
	Glimmer	grünlich	weißlich.
	„ von Waygatz	schwarz	weiße Flecken.
35	„ „ „	braun	recht hell.
	Titansand	schwarz	schwache Flecken.
	Hornstein	grau	gelblich.
	Tafelspath von Dognatska	weißlich	gelblich.
	Lasurstein	blau	schwach.
40	Spodumen	grünlich	schwach.
	Titanit	röthlich	ausnehmend schwach.
	Cyanit	gelblichweiß	bläulich.
	Galmei	braun	schwach.
	Augit	grün	recht hell.
45	Petalit	röthliche Färbung	blau und sehr hell.
	Starrer (rigid) Asbest	—	recht hell.
	Datolith	durchsichtig	hell.
	Korund	braun	hell.
	Anatas *)	dunkel	röthlich gelb.
50	Tungsteins. Kalk	gelblichweiß	leuchtend wie eine glühende Kohle.
	Quarz	Die Phosphorescenz dieser neun Mineralien wurde in dem Pistolenlauf beobachtet.	sehr schwach.
	Amethyst		schwach.
	Obsidian		recht hell, schmutzig.
	Mesotyp aus d. Auvergne		sehr schwach.
55	Glasiger Strahlstein		kleine Flecken.
	Rothgültigerz		ziemlich hell.
	Hornsilber		blau.
	Kohlens. Kupfer		sehr schwach.
	Grüne Teleste		blaß blau und recht hell.

Brewster zieht ferner aus seinen Beobachtungen nachstehende Folgerungen:

„1) Die Eigenschaft, bei Erhitzung phosphorisches Licht zu entwickeln, ist unter den Mineralkörpern sehr gemein.

---

*) Die Phosphorescenz des Anatas unterscheidet sich ganz und gar von der der andern Mineralien. Sie erscheint plötzlich wie eine Flamme und ist bald erloschen.

„2) Wo sie sich findet, kommt sie meist gefärbten oder unvollkommen durchsichtigen Mineralien zu.

„3) Die Farbe des phosphorischen Lichtes hat keine bestimmte Beziehung zur Farbe des Minerals.

„4) Diese Eigenschaft kann durch Anwendung einer intensiven Hitze vollständig zerstört werden.

„5) Im Allgemeinen wird das Licht von phosphorescirenden Mineralien nicht wieder absorbirt, wenn sie seiner Wirkung ausgesetzt werden.

„6) Das durch Hitze entwickelte Licht steht in keiner Beziehung zu dem durch Reiben entwickelten, indem Körper, welche durch Erhitzung nicht zu leuchten vermögen, noch durch Reiben dazu gebracht werden können.

„7) Dieses phosphorische Licht besitzt dieselben Eigenschaften, als das directe Licht von der Sonne oder irgend einem andern leuchtenden Körper.

„8) Unter den meisten der in voriger Tabelle enthaltenen Mineralien gibt es Stücke, die nicht durch Erhitzung zum Leuchten gelangen, wonach diese Eigenschaft nicht als ein wesentliches Kennzeichen dieser Mineralien anzusehen ist.“

Dadurch daß man das von den phosphorescirenden Mineralien ausgesendete Licht bezüglich seiner Polarisation untersucht, kann man zur Bestimmung gelangen, in welchem Verhältniß ihre inneren Theile zur Erzeugung dieses Lichtes beitragen. Hierzu reicht hin, wenn die obere Fläche des Minerals eben und glatt ist, und die Gesichtslinie einen sehr kleinen Winkel damit bildet, durch die bekannten Mittel die Strahlen, welche den phosphorischen Lichtschein bilden, zu analysiren und zu ermitteln, in welchem Verhältnisse die durch Brechung polarisirten Strahlen in dem gesammten Lichte vorkommen. Begreiflich, wenn das von der Oberfläche ausgesendete Licht Null wäre, würde dieses Verhältniß ungefähr dasselbe sein, als wenn ein Bündel Sonnenstrahlen durch Uebergang vom Krystall in die Luft unter einer der Gesichtslinie gleichen Neigung polarisirt würde. Untersucht man aus demselben Gesichtspunkte das Licht, welches die eigene Farbe der

Körper bildet, so gelangt man zu interessanten Resultaten, deren wir anderwärts gedacht haben *).

Nach Veröffentlichung der Daguerre'schen Entdeckung über die Wirkung, welche das Licht auf verschiedene chemische Substanzen und namentlich gewisse Silbersalze äußert, und über die Weise, wie sich die erhaltenen Bilder firiren lassen, hat Herr Biot mit Herrn Edmund Becquerel sehr interessante Versuche über die Wirkung der Sonnenstrahlung, nachdem das Licht zuvor durch durchsichtige Substanzen gegangen ist, angestellt.

Mehrere ältere Physiker hatten schon bemerkt, daß das Licht seine Eigenschaft, Körper zum Phosphoresciren zu bringen, theilweis verliert, wenn es durch durchsichtige Gläser, wie Fensterscheiben durchgeht. So gaben Homberg und Beccari an, daß man mit dem Bologneser Steine nur bei offenen Fenstern experimentiren dürfe.

Die große Erregbarkeit der durch Calcination von Austerschalen erhaltenen Phosphoren war auch schon bemerkt worden. Beccari und Benjamin Wilson hatten versichert, daß es genüge, manche Körper einen Bruchtheil einer Secunde dem Lichte auszusetzen, um sie leuchtend zu machen.

Wir wissen nicht, ob die Entwickelung des Phänomens an den Act der Reflexion des Lichts durch die Oberfläche der phosphorescirenden Substanz oder an den Act des von einer Absorption begleiteten Durchganges durch die Molecüle derselben geknüpft ist. Meines Erachtens würde sich diese Frage heutzutage entscheiden lassen, indem dazu hinreichen würde, eine mit Phosphorescenzvermögen begabte parallelflächige Diamantplatte mit einem polarisirten Lichtbündel zu beleuchten, dessen Polarisationsebene und Einfallswinkel so angeordnet worden, daß es weder an der Eintritts- noch Austrittsfläche eine Zurückwerfung erführe, und den Erfolg mit dem zu vergleichen, den man bei gleichem Einfallswinkel durch einen nicht polarisirten Strahl von gleicher Intensität oder noch besser durch einen solchen erhielte, dessen Polarisationsebene die des ersten rechtwinklig schnitte.

*) Ueber die Polarisation S. 333 und 365 dieses Bandes.

Es gibt noch einen andern Versuch, an welchen ich seit lange gedacht habe, und der auch einige schätzbare Data bezüglich der Ursachen der Phosphorescenz liefern könnte. Nämlich es gälte zu ermitteln, ob unter den Verhältnissen der Wegdifferenzen, wo zwei Strahlen Sonnenlicht die leuchtende Eigenschaft so wie die Eigenschaft das Chlorsilber zu färben, verloren haben, denselben noch die Fähigkeit zukommt, Phosphorescenz zu erzeugen. Die theoretischen Ansichten, welche Herr Biot der Akademie der Wissenschaften am 25. Februar 1839 vortrug, haben mich veranlaßt, Versuche in Erinnerung zu bringen, die ich schon vor vielen Jahren über die relativen Lagen der dunkeln und der ungefärbten Streifen des Chlorsilbers je nach ihrer Bildung durch Luft und Wasser hindurch angestellt hatte. Anfangs hatte es geschienen, als wenn hieraus etwas Entscheidendes für die eine oder andere der beiden Theorieen, zwischen welchen die Physiker noch getheilt sind, hervorgehen müßte; da ich inzwischen zu der Ueberzeugung gekommen war, daß wenigstens von dieser Seite her keine widerspruchslosen Einwürfe sich würden erheben lassen, hatte ich meine Arbeit aufgegeben.

Im Jahre 1839 äußerte ich den Wunsch, diese letzte Reihe von Untersuchungen wieder aufgenommen zu sehen; welchem Wunsche Herr Edmund Becquerel mit vielem Erfolge entsprochen hat. Er ist zu folgendem merkwürdigen Resultate gelangt:

„Für alle chemischen Spectra, welche aus der Wirkung der Sonnenstrahlen auf die verschiedenen für solche Wirkung empfänglichen Substanzen hervorgehen, fallen die Streifen mit denen des Lichtspectrums zusammen, wofern man nur die Strahlen von gleicher Brechbarkeit in Betracht zieht. Unter chemischen Spectrum versteht man die Gesammtheit der Strahlen, welche auf eine gegebene empfindliche Substanz wirken. Im Allgemeinen erstrecken sich die chemischen Spectren über das äußerste Violett hinaus bis zu einer Distanz, welche manchmal der halben Länge des Lichtspectrums gleich kommt; wovon die Folge ist, daß jenseits der leuchtenden Strahlen noch eine unendliche Menge neuer Streifen als Fortsetzung der von Frauenhofer beobachteten vorkommen.

„Die Wirkung der Sonnenstrahlen auf diejenigen Körper anlangend, welche unter ihrem Einflusse leuchtend zu werden vermögen, d. i. welche nach Insolation phosphoresciren, so hat sich gefunden, daß die Phosphorescenz-Spectra dieselben Streifen besitzen, als die chemischen und Licht-Spectra. Die zu den Versuchen darüber angewandten Substanzen waren das Schwefelcalcium und Schwefelbaryum (d. i. der Canton'sche und der Bologneser Leuchtstein), welche als die empfänglichsten für die Lichtwirkung gelten. Bei Constatirung dieser Wirkungen bin ich zur Entdeckung anderer Strahlen geführt worden, welche auf diese Substanzen blos durch Auslöschung der erzeugten Phosphorescenz wirken. Läßt man z. B. das Sonnenspectrum auf das Schwefelcalcium wirken, so erhält man ein Phosphorescenzspectrum mit zwei Wirkungsmaximis, dem einen um das äußerste Violett, dem andern jenseits desselben; die Strahlen von nächst kleinerer Brechbarkeit sind wirkungslos; von der Gränze des Blau und Indigo bis weit jenseits des Roth findet sich ein Spectrum von Strahlen, deren Wirkung darin besteht, die durch die Wirkung der andern Strahlen erzeugte Phosphorescenz vollständig aufzuheben; und selbst den Eintritt der Phosphorescenz dieses Körpers durch Erhitzung zu verhindern.

„Das Schwefelbaryum zeigt bei entsprechender Untersuchung dieselben Resultate, abgesehen davon daß das Phosphorescenz-Spectrum blos ein Wirkungs-Maximum hat, welches jenseits des violetten Endes liegt.

„Aus diesen Thatsachen ergibt sich also, daß die jenseits des sichtbaren Theils des Spectrums liegenden, also dunklen Strahlen, noch Licht geben, da jene Schwefelverbindungen unter ihrem Einflusse noch leuchtend werden, und daß man das dadurch erzeugte Leuchten wieder aufheben und diese Körper wieder dunkel machen kann, wenn man leuchtende Strahlen, rothe, orangefarbene, gelbe, grüne, blaue, darauf fallen läßt."

Um der Wahrheit ihr Recht zu geben, muß ich die Entdeckung der sonderbaren Eigenschaft, die Phosphorescenz der Körper aufzuheben, womit manche Lichtstrahlen begabt sind, für Seebeck in

Berlin in Anspruch nehmen. Folgendes ist die Stelle, worin der deutsche Physiker seine Beobachtungen verzeichnet hat*).

„Die Barytphosphoren, nach Marggrafs bekannter Angabe bereitet, leuchten gelbroth; Phosphoren aus künstlichem schwefelsauren Strontian meergrün, manche auch blau; nach Canton's Vorschrift aus gebrannten Austerschalen zubereitete Kalkphosphoren (Schwefelkalk) größtentheils hellgelb, einige auch rein rosenroth, andere blaß violett.

„Die genannten Phosphoren, der Reihe nach den verschiedenen prismatischen Farben ausgesetzt, wurden im Blau und Violett alle sogleich leuchtend. Die Barytphosphoren erschienen im Dunklen gelbroth, die neuen Strontianphosphoren meergrün u. s. w., vollkommen so, wie sie nach Einwirkung reinen Sonnenlichts leuchteten. Im Blauen wurden sie nur wenig schwächer leuchtend als im Violett; hart über dem Violett, wo kaum eine Farbe zu erkennen ist, nehmen sie einen eben so lebhaften Glanz an, als im Violett. Im Grün wurden sie beträchtlich schwächer leuchtend als im Blau, im Gelben noch viel schwächer und im Roth am schwächsten, und zwar wurden sie hier mehrentheils nur weißlich leuchtend. Auch unter dem Roth nehmen die Phosphoren häufig einen Glanz an.

„So verhielten sich die Leuchtsteine und auch noch andere leuchtende Körper in den Spectren einer beträchtlichen Anzahl, zum Theil höchst vollkommener, Glasprismen. In Gelb und Roth derselben wurden gute Leuchtsteine zwar leuchtend (noch bei einer 5 bis 6 Linien breiten Oeffnung im Laden und in einem Abstande von 9 bis 12 Fuß

---

*) Die aus Göthe's Farbenlehre II, S. 703 citirte Stelle ist im Arago'schen Texte zwar mit Anführungszeichen, doch nur im Auszuge und nicht überall genau wiedergegeben. Oben ist mit einigen unwesentlichen Abkürzungen, wie sie der Arago'schen Auszugsform entspricht, der Seebeck'sche Text selbst wiedergegeben. Der Arago'sche Auszug beginnt mit den Worten: „Le rouge jaunâtre tue les phosphores de Marggraff et de Canton; le bleu les ranime.“ Bei Seebeck steht ein solcher Satz nicht an der Spitze und ist überhaupt nicht so schlechthin von ihm ausgesprochen; auch scheint die obige Angabe: „im Gelb und Roth wurden gute Leuchtsteine zwar leuchtend“ u. s. w. in Widerspruch damit, wenn schon die weiter folgenden Versuche mit farbigen Gläsern oder einer Linse direct dafür sprechen. Anm. d. d. Ausg.

vom Prisma), doch immer sehr viel schwächer als im Blau und Violett. Wenn die Oeffnung im Laden noch kleiner war, etwa 2 Linien im Durchmesser betrug, so wurden mehrere Leuchtsteine in dem eben erwähnten Abstande im Roth nicht mehr leuchtend, im Blau oder Violett aber wurden sie es.

„Ein dickes dunkelblaues Glas, durch welches nur hell erleuchtete Gegenstände eben zu erkennen waren, wurde vor den von der Sonne beschienenen Laden der dunklen Kammer befestigt, und ein bononischer Leuchtstein in das einfallende Licht gehalten; er wurde im Augenblick leuchtend, und zwar wie gewöhnlich gelbroth. Die übrigen Leuchtsteine verhielten sich eben so.

„Nun wurde ein gelbrothes Glas, wodurch man vollkommen alle Gegenstände erkennen konnte, in den Laden gesetzt, und die Leuchtsteine in dies helle gelbrothe Licht gelegt; aber keiner von allen wurde leuchtend, wie lange sie auch in diesem Lichte blieben.

„Ein Leuchtstein wurde durch reines Sonnenlicht zum Phosphoresciren gebracht, und die Zeit bemerkt, welche bis zu seinem völligen Erlöschen verfloß. Dies währte etwa 10 Minuten. Er wurde hierauf nochmals in der Sonne leuchtend gemacht, und dann sogleich in das durch das gelbrothe Glas einfallende Licht gehalten. Er verlosch hier nicht nur völlig, sondern auch in beträchtlich kürzerer Zeit als für sich im Dunklen; schon nach 1 bis 2 Minuten konnte man keinen Schein mehr an diesem Phosphor erkennen. Je lebhafter die Sonne schien, desto schneller erfolgte das Erlöschen unter dem gelbrothen Glase.

„Dieser Gegensatz zwischen der Wirkung einer gelbrothen und blauen Beleuchtung bestätigte sich noch glänzender durch folgende Vorrichtung.

„Ich stellte in das durch das gelbrothe Glas einfallende Sonnenlicht eine Linse von 4 Zoll, und brachte in den Focus derselben einen auf das Lebhafteste glänzenden Barytphosphor; er erlosch hier sogleich, wie eine in Wasser getauchte Kohle. Selbst die empfindlichsten und dauerndsten Leuchtsteine, z. B. die grünlichen Strontianphosphoren, wurden hier in wenigen Secunden lichtlos. Man

braucht die Leuchtsteine nicht einmal völlig in den Focus zu bringen; auch außer demselben erlöschen sie schon nach einigen Secunden.

„Statt des gelbrothen Glases wurde hierauf eine stärkere blaue Scheibe, durch welche man noch alle Gegenstände erkennen konnte, in dem Laden befestigt, die nämliche Linse davor gestellt, und in den Focus derselben ein dunkler, nicht leuchtender Erdphosphor gehalten; er wurde hier sogleich glühend, und wohl so stark, als im hellsten Sonnenschein.

„Auch das prismatische Roth wirkt, wie schon Wilson und später Davy und Ritter bemerkt hatten, lichtschwächend auf die Phosphoren. Nach meinen Erfahrungen erlöschen sie hier gemeinhin nicht völlig, sondern kommen nur in etwas kürzerer Zeit auf den schwachen Lichtzustand zurück, den sie an dieser Stelle annehmen. Ist die Oeffnung im Laden sehr klein, so werden, wie schon oben angeführt, die Phosphoren, bei einer gewissen Entfernung vom Prisma, in dem Roth desselben nicht mehr leuchtend, aber dann wirkt auch diese Beleuchtung überhaupt nicht; die Phosphoren erlöschen hier nicht schneller, als für sich im Dunklen. Im Blau und Violett dagegen werden die Leuchtsteine in dem angegebenen Abstande noch leuchtend; hieraus folgt also, daß die deprimirende Kraft des Rothen und Gelben früher abnimmt, als die excitirende des Blauen und Violetten. Doch auch diese hört in einer größeren Entfernung vom Prisma auf, und dort existirt nur für das Auge noch ein wirksames Farbenbild." *)

*) Es ist auffällig, daß Arago in seiner Abhandlung nirgends auf die ausgedehnten Untersuchungen von Dessaignes über Phosphorescenz (durch verschiedene Ursachen, darunter auch durch Insolation und Erhitzung), Rücksicht nimmt, welche im Journ. de Phys. 1809, Juni, S. 444 ff. enthalten sind, und wovon sich eine Uebersetzung in Pl. Heinrich großen Quartwerke über Phosphorescenz, „die Phosphorescenz der Körper, Nürnberg 1811" findet, welches überhaupt das Ausführlichste ist, was über diesen Gegenstand existirt. Anm. d. d. Ausg.

Ueber die erwärmende und chemische Wirkung des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Ueber die Wärme, welche die Lichtstrahlen aus irdischen Quellen begleitet.

Im Jahre 1679 fand Mariotte, daß die Wärmestrahlen, welche ein großes Kohlenfeuer aussendet, andere Eigenschaften haben, als die Wärmestrahlen der Sonne. Aus den von ihm angeführten Versuchen ging nämlich hervor: „daß das Licht und die Wärme dieses Gestirns mit gleicher Leichtigkeit durch das Glas und die anderen durchsichtigen Körper hindurchgehen . . . ; das Licht des Feuers aber leicht durch das Glas hindurchgeht, während die Wärme nicht oder sehr wenig hindurchgeht.“

Im J. 1726 bestätigte Dufay, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, durch neue Versuche die von Mariotte entdeckte fundamentale Thatsache, und wies außerdem nach, daß die von einem gewöhnlichen Feuer ausgestrahlte Wärme noch in hinreichend starkem Verhältnisse durch Glas hindurchgeht, um verschiedene Substanzen im Focus eines Brennspiegels zu entzünden.

Im J. 1777 zeigte Scheele, wahrscheinlich ohne zuvor Kenntniß von Mariotte's oder Dufay's Versuchen gehabt zu haben, in seiner berühmten Schrift von der Luft und dem Feuer an, daß das Glas die Wärme von irdischen Feuern gänzlich aufhält. Aber zahlreiche Beobachtungen, welche seitdem von andern Beobachtern angestellt worden sind, haben sämmtlich Dufay's Resultat bestätigt.

Wir haben bisher blos von der Wärme glühender Körper gesprochen. Die von nicht leuchtenden Körpern ausgestrahlte Wärme, welche deshalb als **dunkle Wärmestrahlen** bezeichnet wird, ist nicht minder sorgfältig in ihrem Verhalten untersucht worden. Der Versuch lehrte bald, daß ein Thermometer steigt, wenn es z. B. einem mit erhitztem Quecksilber gefüllten Kolben gegenübergestellt wird, selbst wenn die Strahlen nur nach dem Durchgange durch eine mehr oder weniger dicke Glasplatte zum Thermometer gelangen können. Jedermann stimmte in Betreff der Thatsache überein; nur die Erklärung war verschieden. Die Einen behaupteten, daß ein Theil der dunklen Wärme in derselben Weise wie die leuchtenden Strahlen durch das Glas hindurchgehe und die Hauptquelle der zur andern Seite beobachteten Temperaturerhöhung sei. Andere glaubten, daß die Glasplatte alle vom Kolben ausgegangenen Strahlen aufhalte, und daß nachmals die eigene Strahlung der erwärmten Platte das Ansteigen des Thermometers verursache. Die später von Brande bestätigten Beobachtungen Maycock's bewiesen die Unzulänglichkeit dieser letzten Erklärung. Kurze Zeit darauf (August 1810) gelang es dem Professor Prévost, die Wirkungen der unmittelbar durchgegangenen strahlenden Wärme von denen zu scheiden, welche von der Erwärmung des Schirmes abhängen, indem er erstlich bewegliche Glasschirme anwandte, welche er oft und ohne ihnen zur Erwärmung Zeit zu lassen, erneuerte, zweitens eine dünne Schicht beständig fließenden Wassers an die Stelle des Schirmes setzte. Durch diese beiden sinnreichen Versuche ist auf das directeste bewiesen, daß die dunklen Wärmestrahlen durch durchsichtige Schirme aus Glas und Wasser hindurchzugehen vermögen. De Laroche vervollständigte nachmals (Juni 1811) unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand durch den experimentellen Nachweis folgender zwei Principe:

Die durch das Glas unmittelbar hindurchgehende strahlende Wärme hat ein um so größeres Verhältniß zu der, welche in derselben Richtung auf das Glas auffällt, je höher die Temperatur der Quelle ist, von welcher die Wärme ausstrahlt.

Die Wärmestrahlen, welche schon durch einen Glasschirm hindurchgegangen sind, erfahren beim Durchgange durch einen zweiten

gleichen Schirm einen viel geringeren Verlust als bei ihrem Durchgange durch den ersten.

Zweites Kapitel.

Chemische Wirkung der Strahlen künstlicher Lichtquellen.

Es gibt eine ziemlich große Anzahl von Substanzen, welche durch die Wirkung des Lichts modificirt werden. Wird z. B. ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt, so bildet sich sogleich Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure; aber dieselben zwei Gasarten wirken nicht auf einander, wenn das Glasgefäß, worin sie enthalten sind, blos durch das zerstreute Licht der Atmosphäre beleuchtet wird.

Die amerikanischen Journale haben im J. 1822 eine Thatsache veröffentlicht, welche in directem Widerspruche mit der allgemein angenommenen Ansicht steht, daß eine solche Unfähigkeit des zerstreuten atmosphärischen Lichts, die Explosion eines Gemisches von Chlor und Wasserstoff zu bewirken, statt habe. Folgendes sind die Umstände des Versuchs:

Eine gewöhnliche gut gereinigte Oelflasche enthielt Chlor. Prof. Silliman war damit beschäftigt, auch Wasserstoffgas einzulassen, als eine starke Explosion, begleitet von einer sehr auffälligen Lichtentwickelung, erfolgte. Die Stücke der Flasche wurden an die Decke geschleudert: blos der Hals blieb in der Hand des Beobachters. „Nun konnte nicht nur kein directer Lichtstrahl die Stelle treffen, wo sich Prof. Silliman befand, sondern das verbreitete Licht war auch ausnehmend schwach, da sich der Himmel damals zufällig mit einer Schicht dicker schneebeladener Wolken bedeckt fand."

Brande berichtet, daß, als er ein Gemisch aus gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff in einer Kugel aus dünnem Glase dem lebhaften Lichte aussetzte, welches einer durch ölbildendes Gas genährten Flamme entstrahlte, binnen 15 Minuten noch keine chemische Wirkung zu bemerken war. Ein sehr glänzender Focus, erzeugt durch dieselbe Art Licht, änderte die Weiße des Chlorsilbers ebensowenig irgendwie

ab. Brande wiederholte darauf die Versuche in folgender Weise: die kleine Kugel, welche das Gemisch von Chlor und Wasserstoff enthielt, wurde in 27 Millimeter Entfernung von zwei Kohlenspitzen gestellt, die respective mit dem positiven und negativen Pole einer aus 100 Paaren bestehenden stark geladenen Volta'schen Säule in Verbindung standen. Wie Jedermann weiß, erzeugt man dadurch, daß man die beiden Kohlenspitzen eines solchen Apparats mit einander in Berührung bringt, sofort ein lebhaftes Licht; aber Niemand hatte vor Brande bemerkt, daß dies Licht intensiv genug ist, um eine chemische Wirkung des Chlors auf den Wasserstoff hervorzurufen. Zumeist war bei den Versuchen des englischen Chemikers ein Zeitraum von fünf Minuten nöthig, um die vollständige Verbindung beider Gasarten zu bewirken. In zwei Fällen aber geschahe es, daß das Erscheinen des elektrischen Lichtes eine Explosion hervorrief, wie solche stets durch das directe Sonnenlicht entsteht.

„Da ich, sagt unser Verfasser, niemals eine ähnliche Wirkung durch irgend eine andere Art irdischen Lichtes hervorzurufen vermochte, welches immer seine Intensität war, so kann ich nicht anders als annehmen, daß die Erscheinung von irgend einer besondern Eigenschaft abhängt, in deren Besitz das Sonnenlicht und elektrische Licht ausschließlich sind."

Vorausgesetzt, dies Resultat sei durch entscheidende Beweise gesichert, so würde es meines Erachtens zu den merkwürdigsten Entdeckungen der neuern Physik gehören. Kann man aber schon behaupten, daß solche Beweise existiren? Müßte nicht z. B. erst genau ermittelt sein, wie sich das Verhältniß jener andern irdischen Lichter, die keine chemische Wirkung hervorbrachten, zum elektrischen Lichte stellte? Versuche, von denen der Prof. de la Rive in Genf mir gestattete Zeuge zu sein, gaben mir, um das Jahr 1812, Gelegenheit zu constatiren, daß bei Anwendung der Säule dieses sinnreichen Physikers, zwei durch den galvanischen Strom im leeren Raume glühend gemachte Kohlen bei Gleichheit der Oberfläche 300mal mehr Licht liefern, als eine Kerze.

Da diese Kohlen im Allgemeinen nur in einer kleinen Ausdehnung leuchten, so gebe ich zu, daß es immer möglich sein wird, sei

es dadurch, daß man einem andern leuchtenden Körper hinreichende Dimensionen gibt, oder denselben der Kugel, welche das Chlor und den Wasserstoff enthielt, hinreichend nähert, oder endlich sich eines Brennspiegels oder einer Loupe bedient, auf irgend einem Punkte der Masse des Gasgemisches ein gleich starkes Licht zu vereinigen, als das von den beiden elektrischen Kohlen ausgesandte; aber auch diese Vorsichten würden noch nicht hinreichen, das von Brande ausgesprochene Princip außer Zweifel zu stellen. Ich habe nämlich durch verschiedene Versuche gefunden, daß die chemischen Wirkungen des Lichtes seiner Intensität nicht proportional sind, daß z. B. ein isolirter Strahl unter gewissen Umständen auf einen gegebenen Punkt eine viel stärkere Wirkung zu äußern vermag als ein Bündel aus hundert solchen Strahlen. Als das einzige Mittel, alle Zweifel zu beseitigen, erscheint hiernach, die Wirkung einer durch die Elektricität leuchtend gemachten Kohle mit der einer Kohle von gleicher Ausdehnung und gleicher Intensität, an deren Glühen die Elektricität keinen Antheil hat, zu vergleichen. Eine inmitten von Sauerstoffgas brennende Kohle, wie bei den berühmten Versuchen von Lavoisier, würde wahrscheinlich den Zweck erfüllen. Man wird uns hoffentlich gestatten, diese Untersuchung der Aufmerksamkeit der Chemiker zu empfehlen, in Rücksicht, daß die von Brande aufgestellte Unterscheidung, im Falle ihrer Begründung, uns auf den Weg zur Erkenntniß der Ursachen führen könnte, von welchen die Ausstrahlung des Sonnenlichtes abhängt.

Drittes Kapitel.

Trennung der leuchtenden Eigenschaft eines Lichtstrahls von seinen wärmenden und chemischen Eigenschaften.

Melloni hat durch einen Fundamentalversuch nachgewiesen, daß die Sonnenstrahlen unter Beibehaltung ihrer vollen leuchtenden Eigenschaften alle wärmenden Eigenschaften verlieren können. Dieser Versuch besteht darin, daß man die irdischen oder Sonnenstrahlen durch ein System durchsichtiger Körper, wie Wasser und eine besondere Art

grünen Glases, welches durch Kupferoxyd gefärbt ist, gehen läßt. Das reine Licht, welches aus diesem System hervortritt, enthält viel Gelb, und zeigt dessenungeachtet eine bläulich grüne Färbung: es gibt an den feinsten Thermometern keine merkliche Wärmewirkung, selbst wenn man es durch Linsen so stark concentrirt, daß es ganz ebenso glänzend als das directe Sonnenlicht wird.

Die Mittheilung der Melloni'schen Arbeit an die Akademie der Wissenschaften am 21. Dec. 1835 gab mir Anlaß zu der Bemerkung, daß sich die Frage noch aus einem andern Gesichtspunkte betrachten ließe. Ich wies darauf hin, daß es wichtig sein würde, zu untersuchen, ob die von Herrn Melloni angewandten Verfahrungsarten oder ob ähnliche Mittel nicht auch dahin gelangen lassen würden, die Sonnenstrahlen ihrer chemischen Eigenschaften zu berauben; kurz, ob von den drei Eigenschaften, welche das Licht besitzt, wenn es von der Sonne zu uns gelangt, 1) zu erleuchten, 2) zu erwärmen, 3) chemische Verbindungen zu bewirken oder zu trennen nicht die beiden letzten demselben entzogen werden könnten, ohne die leuchtende Eigenschaft damit aufzuheben.

Dieser Versuch scheint mir zu interessanten Folgerungen führen zu müssen, und ich habe fast der Versuchung nachgegeben, ihn anzustellen. Aber da möglicherweise Hr. Melloni auch daran gedacht haben konnte, wenn schon er in seiner Abhandlung nicht davon spricht, habe ich geglaubt, meinem Vorhaben keine Folge geben zu dürfen.

Die Motive, welche ich im J. 1835 hatte, Herrn Melloni nicht in einer Untersuchung vorzugreifen, die sich so unmittelbar mit seinen schönen Entdeckungen verknüpft, bestehen noch, und ich lasse demgemäß die Erwähnung einiger Resultate beiseite, zu welchen ich über die Absorption oder Interception der chemischen Strahlen gelangt bin. Begreiflich war der Madame Sommerville nicht dieselbe Rücksicht geboten; und ich hatte keinen Grund, den interessanten Versuchen einer so ausgezeichneten Person die volle Veröffentlichung in den Sitzungen der Akademie und den Comptes rendus zu versagen.

Madame Sommerville hat gefunden, daß das Steinsalz, das weiße, blaue und violette Glas Substanzen sind, welche den chemischen Strahlen einen sehr freien Durchgang gestatten, wogegen das grüne

Glas und der grüne Glimmer, auf ein mit Chlorsilber überzogenes Papierquadrat gelegt, die Zersetzung dieses Salzes durch das Sonnenlicht fast gänzlich verhindern. Das dunkelrothe Glas läßt nur sehr wenig chemische Strahlen durchgehen; der Granat läßt sie ganz durchgehen; der weiße Topas, der blaue Topas, der blaßblaue Beryll, der Cyanit, der Schwerspath, der Amethyst lassen dieselben leicht durch, aber der gelbe Beryll, der braune oder grüne Turmalin hindern ihren Durchgang fast gänzlich.

Es gibt von einander verschiedene Wärmestrahlen sowie chemische Strahlen, welche durch mancherlei Körper von einander gesondert werden. Hr. Melloni hat das verschiedene Durchlassungsvermögen mehrerer Körper genau studirt. Man würde auch zu untersuchen haben, ob die Wärmestrahlen und chemischen Strahlen nicht in größerem oder geringerem Verhältnisse zurückgeworfen werden, als die leuchtenden Strahlen. Zu diesem Zwecke ließe sich das Leslie'sche Photometer anwenden, wie ich im J. 1839 in einer Sitzung der Akademie (am 2. Sept.) angegeben habe; träfe man dabei gewisse Anordnungen, so würde es, so zu sagen, keiner Messung bedürfen, um die Frage zu lösen.

Viertes Kapitel.

Von der photographischen Wirkung der Lichtstrahlen.

Kurze Zeit nach dem Beschlusse, welcher den Herren Daguerre und Niepce eine Nationalbelohnung zuerkannte, wurden in einem kleinen Theile des Publikums meines Erachtens sehr irrige Ansichten laut, die mir aber doch die Verpflichtung auferlegten, zu zeigen, daß die neue Entdeckung nicht blos aus artistischem Gesichtspunkt zu betrachten sei, daß vielmehr die Physik sich die Bereicherung mit sehr schätzbaren Mitteln der Untersuchung davon versprechen dürfe. Dies war der Zweck der folgenden in dem Compte rendu der Sitzung vom 19. August 1839 erschienenen Note:

„Folgendes ist eine Anwendung, deren das Daguerreotyp fähig sein wird, und welche mir des Interesses werth scheint.

„Die Beobachtung hat gelehrt, daß das Sonnenspectrum kein Continuum ist, daß vielmehr quere Unterbrechungen der Continuität, ganz schwarze Linien darin vorkommen. Gibt es eben solche Unterbrechungen der Continuität in den dunkeln Strahlen, welche bei Erzeugung der Lichtbilder thätig zu sein scheinen?

„Falls es solche gibt, entsprechen sie den schwarzen Linien des leuchtenden Spectrums?

„Da mehrere der schwarzen Querlinien des Spectrums mit bloßem Auge, oder ohne alle Vergrößerung auf der Netzhaut sichtbar sind, so wird die hier gestellte Aufgabe leicht zu lösen sein."

Ich selbst vermochte, im J. 1839, mich dieser sehr leichten Lösung der gestellten Aufgabe durch das Experiment nicht zu unterziehen, da die alte Camera obscura des Observatoriums damals eine andere Bestimmung erhalten hatte, und die neue noch nicht fertig war. Uebrigens darf ich voraussetzen, daß meine Aufforderung nicht fruchtlos gewesen ist. In der That habe ich erfahren, daß der königl. Societät in London am 20. Febr. 1840 eine Abhandlung von Sir John Herschel vorgelegt worden ist, worin sich die Frage in Angriff genommen findet. Hr. Edmund Becquerel unterhielt die Akademie in der Sitzung vom 13. Juni 1842 von demselben Gegenstande. Da Hr. Herschel über keinen Heliostaten zu verfügen hatte, glaubte er, sich nicht positiv über das Vorhandensein der Streifen in dem photographischen Bilde des Spectrums aussprechen zu können. Hr. Edmund Becquerel hingegen projicirte ein stationäres Spectrum auf seine jodirte Platte, und sah nach dem Versuche in der Gegend der Platte, welche das Spectrum einnahm, deutlich Querstreifen, längs denen die chemische Substanz unangegriffen geblieben war oder wenigstens keine bemerkbare Veränderung erfahren hatte. Ueberdieß erkannte er, daß diese Streifen genau den dunkeln Linien des leuchtenden Spectrums entsprechen.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als ob der eben besprochene Versuch überflüssig gewesen: denn war nicht das erhaltene Resultat nothwendig? Wie sollten sich photographische Wirkungen erwarten lassen, wo das Licht überhaupt fehlte?

Folgendes meine Antwort: es ist keineswegs dargethan, daß die photographischen Veränderungen, welche die empfänglichen Substanzen erfahren, durch das Sonnenlicht selbst bewirkt werden. Sie könnten auch von den dunkeln Strahlen erzeugt werden, welche dem eigentlich sogenannten Lichte beigemischt sind, dasselbe begleiten, mit ihm gebrochen werden. In diesem Falle würde der Versuch nicht allein beweisen, daß das von diesen unsichtbaren Strahlen gebildete Spectrum der Continuität ermangelt, daß es Unterbrechungen derselben wie das sichtbare Spectrum darbietet, sondern auch, daß diese Unterbrechungen sich in beiden einander superponirten Spectren genau entsprechen. Dies aber wäre eins der merkwürdigsten, eins der sonderbarsten Resultate der Physik.

Ziehen wir ein von der Geschwindigkeit des Lichts abhängendes Element mit in Betracht, und die Folgerungen aus der Beobachtung werden nicht minder interessant erscheinen.

Ich zeigte vor vielen Jahren, daß die Strahlen der Gestirne, nach welchen sich die Erde zu bewegt und die Strahlen derer, von welchen sie sich entfernt, genau gleich stark durch Brechung abgelenkt werden.*) Ein solches Resultat läßt sich mit der Emissionstheorie nur mittelst eines wichtigen Zusatzes dazu vereinbaren, dessen Nothwendigkeit sich meinen Gedanken vorlängst dargeboten, und der im Allgemeinen eine gute Aufnahme bei den Physikern gefunden hat. Man muß annehmen, daß die leuchtenden Körper Strahlen von allen Graden der Geschwindigkeit aussenden, und daß blos die Strahlen von einer bestimmten Geschwindigkeit sichtbar sind, daß sie allein im Auge die Empfindung von Licht erzeugen. Nach der Emissionstheorie sind das Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett im Sonnenlicht von solchen Strahlen begleitet, die aber wegen zu geringer oder zu großer Geschwindigkeit unsichtbar sind. Einer größeren Geschwindigkeit entspricht eine geringere Brechung, wie eine geringere Geschwindigkeit eine stärkere Brechung mit sich führt. So ist jeder sichtbare rothe Strahl von dunkeln Strahlen gleicher Art begleitet, die zum Theil mehr, zum Theil weniger als derselbe gebrochen werden: so gibt es Strahlen in

*) Man sehe weiterhin die Notiz über die Geschwindigkeit des Lichts.

den schwarzen Streifen des rothen Theiles des Spectrums; dasselbe gilt von den Streifen im gelben, grünen, blauen und violetten Theile. Da der Versuch gezeigt hat, daß die in den Streifen enthaltenen Strahlen wirkungslos auf die empfänglichen Substanzen sind, so ist damit festgestellt, daß jede Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit den Lichtstrahlen die photographischen Eigenschaften entzieht, mit welchen sie ursprünglich begabt waren; daß die Sonnenstrahlen in demselben Augenblicke aufhören, chemisch zu wirken, wo sie durch eine Veränderung der Geschwindigkeit die Fähigkeit verlieren, auf der Netzhaut Lichtempfindungen hervorzurufen. Ich habe nicht nöthig, darauf hinzuweisen, wie viel Merkwürdiges in einer chemischen Wirkungsweise der Strahlen läge, welche von der Geschwindigkeit derselben abhinge.

An demselben Montage, wo Hr. Edmund Becquerel der Akademie das Resultat des Versuchs mittheilte, den ich zwei Jahre und zehn Monate zuvor vorgeschlagen hatte, forderte ich öffentlich zu einer Wiederaufnahme desselben auf, unter Bedingungen, welche zu einer Aufklärung über die Weise, wie die Geschwindigkeit die chemische Wirkung des Lichtes abändert, führen zu müssen schienen. Ich wies darauf hin, daß, da die Sonnenstrahlen sich um so schneller bewegen, je mehr die Brechkraft der Mittel, durch welche sie hindurchgehen, wächst, irgend ein nützliches Ergebniß erlangt werden müßte, wenn man vergleichungsweise und gleichzeitig die Wirkung des Spectrums auf die jodirte Platte untersuchte, während sie mit ihrer Hälfte respectiv in ganz ungleichartige Mittel, wie z. B. Luft und Wasser, getaucht wäre. Hr. Edmund Becquerel ging bereitwillig darauf ein, diesen Gedanken zur Ausführung zu bringen. Folgendes ist der Brief, den er mir unter dem Datum des 25. Nov. 1842 schrieb:

„Als Sie die Gefälligkeit hatten, im letzten Junimonat der Akademie der Wissenschaften meine Abhandlung über die Constitution des Sonnenspectrums vorzulegen, veranlaßten Sie mich zugleich zu einem Versuche, der darauf gerichtet war, zu ermitteln, ob nicht, wenn eine für die Wirkung der Sonnenstrahlen empfängliche Substanz in ein anderes Mittel als Luft getaucht wird, die Geschwindigkeitsänderung der Sonnenstrahlen beim Uebergange aus der Luft in dieses Mittel

eine Lagenänderung der Querstreifen des Spectrums der chemischen Strahlen hervorrufe.

„Ich habe mich sofort beeilt, diese Versuche anzustellen, indem ich zuerst Wasser als zweites Mittel anwandte. Meine Reise auf das Land hat mich genöthigt, sie zu unterbrechen. Ich rechnete darauf, sie nach meiner Rückkehr wieder vornehmen zu können, bevor ich ihr Resultat veröffentlichte, aber die schlechte Witterungsbeschaffenheit hat mir noch nicht gestattet, meinem Vorhaben Folge zu geben; doch habe ich die Ehre, Ihnen das Resultat zweier von mir angestellter Versuche nebst der Beschreibung des Verfahrens, das ich befolgte, mitzutheilen.

„Ich bediente mich einer kleinen Wasserwanne aus Krystallglas mit recht ebenen Rändern, und einer nach Herrn Daguerre's Verfahren zubereiteten Platte, welche sich vertical in der Wanne aufstellen läßt, so daß ihre Oberfläche der Vorderfläche der Wanne parallel ist. Der Abstand zwischen der jodirten Platte und dieser Fläche betrug bei beiden Versuchen 1 Centimeter. Man läßt nun in eine dunkle Kammer ein Bündel Sonnenstrahlen durch einen in dem Laden angebrachten engen Spalt ein; man bricht diese Strahlen durch ein recht reines Flintglasprisma, vor welchem sich eine Linse mit großer Brennweite findet, so daß ein Sonnenspectrum mit allen seinen Streifen durch Projection entsteht. Hiernach stellt man im Wege des gebrochenen Strahls die Wasserwanne auf, so daß sich das Spectrum mit allen seinen Streifen recht horizontal auf der jodirten Platte darstellt, und daß die violetten Strahlen senkrecht auf die Vorderfläche der Wanne eintreten. Vor Beginn des Versuchs verfehlt man nicht, Wasser in diese Wanne bis zu einer solchen Höhe zu gießen, daß sein Niveau das Bild des Spectrums der Länge nach in zwei gleiche Theile schneidet.

„Wenn man nach einer Wirkung von 1 bis 2 Minuten die Platte wegnimmt und dem Quecksilberdampfe aussetzt, so sieht man das Bild des Spectrums von der Grenze des Grün und Blau bis weit jenseits des äußersten Violett darauf sichtbar werden, und, wie ich in der Abhandlung angeführt, stimmen alle Streifen des Bildes mit denen des Lichtspectrums für die Theile gleicher Brechbarkeit überein. Es ist kein recht merklicher Unterschied zwischen dem Bilde des Spectrums auf dem Theile der Platte, welcher in der Luft geblieben ist,

und dem, welcher im Wasser war, sichtbar; die Streifen dieser beiden Theile des Spectrums scheinen sich ganz gut als Verlängerungen von einander fassen zu lassen, mit Ausnahme jedoch der äußersten Theile des chemischen Spectrums, rechts und links, wo sich die Streifen des im Wasser erzeugten Bildes ein wenig zusammendrängen. Dies scheint mir der Brechung der schiefen Strahlen zugeschrieben werden zu müssen.

„Diese beiden Versuche deuten darauf hin, daß die Beschaffenheit des Mittels, in welches die für die Wirkung der Sonnenstrahlen empfängliche Substanz getaucht ist, keinen abändernden Einfluß auf diese Wirkung ausübt; so daß der Abdruck des Sonnenspectrums auf dieser Substanz immer dieselben Streifen an denselben Stellen darbietet.

„Wenn es die Witterung gestatten wird, denke ich diese Versuche wieder vorzunehmen und abzuändern, um wo möglich noch entschiedenere Resultate zu erzielen."

Hiernach also verhalten sich die Sonnenstrahlen in Luft und Wasser ganz gleich. Nach dem Emissionssysteme aber bewegt sich das Licht in der Luft viel langsamer als im Wasser. Die Geschwindigkeit ist also hier einflußlos, eine Folgerung, die für den ersten Anblick in offenbarem Widerspruche mit derjenigen erscheint, die wir aus dem ersten Versuche zogen. Doch sind beide Resultate nicht unvereinbar. Eine neue Hypothese kann meines Erachtens dienen, den Widerspruch zu heben. Uebrigens mag Jeder selbst urtheilen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Lichtstrahl durch einen gegebenen Körper hindurchgeht, hängt ausschließlich von der brechenden Kraft dieses Körpers und der Ausstrahlungsgeschwindigkeit des Strahls, der Geschwindigkeit, die er im leeren Raume hatte, ab. Der Strahl, der durch das Wasser zur Oberfläche der Jodschicht gelangt, besitzt an dem Punkte, wo er diese Oberfläche trifft, eine größere Geschwindigkeit als die, welche der durch die Luft gegangene Strahl an demselben Punkte besitzt; im Innern der Schicht selbst aber bei hinreichender Tiefe haben beide Strahlen genau dieselben Geschwindigkeiten. Lassen wir die photographischen Erscheinungen nicht von einer an der Oberfläche, sondern von einer im Innern der Schicht sich äußernden Wirkung abhängen, so verschwindet alle Schwierigkeit. Nur sind wir, merkwürdig genug, gezwungen, hiermit eine wesentliche Unterscheidung zwischen

dem Innern und der Oberfläche einer Schicht, deren Dicke eine unglaubliche Kleinheit hat, aufzustellen.

Faßt man solchergestalt die photographischen Erscheinungen als Beispiele von Molecülarwirkungen, auf welche genaue Schätzungen anwendbar sind, so muß Jedermann das Interesse einleuchten, das sich an die Hinzufügung von Zahlenbestimmungen zu der vorigen allgemeinen Darstellung der Thatsachen knüpfen würde. Hierzu wird man gelangen können, indem man zuvörderst die Versuche vervollständigt, mittelst deren zuerst Herr Dumas die Dicke der Jodschicht, auf welcher die Daguerre'schen Bilder entstehen, bestimmte, nämlich durch vergleichende Wägungen einer großen versilberten Platte vor und nach der Jodirung. Dann wird man in die Beobachtung der relativen Lagen der auf der empfindlichen Substanz gebildeten dunklen Streifen die größtmögliche Genauigkeit zu bringen suchen, indem man selbst nöthigenfalls das Mikroskop dabei zuzieht; endlich wird man, anstatt mit einem plötzlichen Sprunge von der Luft zum Wasser überzugehen, die relativen Lagen der Streifen in zwei Mitteln zu vergleichen haben, welche nur wenig in Dichtigkeit und Brechkraft abweichen. Für jetzt gehen unter Voraussetzung des Emissionssystems nachstehende Folgerungen mit Strenge aus der vorstehenden Erörterung hervor:

Wenn die photographischen Wirkungen des Sonnenlichtes ausschließlich von der Wirkung der mit den sichtbaren Strahlen gemischten dunklen Strahlen abhängen, welche die sichtbaren begleiten und Geschwindigkeiten gleicher Ordnung haben, so treffen die Continuitätsunterbrechungen in den aufeinander fallenden Spectren dieser beiden Arten von Strahlen genau an dieselben Stellen.

Wenn die photographischen Wirkungen ganz oder theilweis von den sichtbaren Strahlen abhängen, so haftet diese Eigenschaft so fest an der Geschwindigkeit, welche dieselbe besitzen, daß sie ebenso durch Vermehrung als Verminderung dieser Geschwindigkeit verloren geht.

Mögen die photographischen Wirkungen des Sonnenlichts von den sichtbaren oder unsichtbaren Strahlen abhängen, so können sie keiner, an der Oberfläche der empfindlichen Substanz geäußerten Wirkung

beigemessen werden, sondern der Herd dieser Art Wirkungen ist im Innern der Materie zu suchen.

Vorstehende Schlüsse werden eine Erweiterung gestatten, wenn man die kleinste Dicke der Jodschicht kennen wird, in welcher die Daguerre'schen Erscheinungen entstehen können; wenn es möglich sein wird, diese Dicke mit der Länge der Anwandlungen oder der der Lichtwellen zu vergleichen.

Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes.

Nach meiner Rückkehr von Afrika im Jahre 1809 beschäftigte ich mich, noch sehr jung (ich stand damals im Alter von dreiundzwanzig Jahren), mit verschiedenen Versuchen über den Einfluß der Lichtgeschwindigkeit auf die Refraction. Das Resultat meiner Arbeit wurde am 10. December 1810 der ersten Klasse des Instituts mitgetheilt, und erregte, obwohl es sehr verschieden von dem, was ich erwartet, ausgefallen war, das Interesse einiger Mitglieder. Laplace erwies mir die Ehre, meine Arbeit in einer der Auflagen seiner Exposition du système du monde zu erwähnen; auch unser gefeierter Veteran Biot führte dieselbe in der zweiten Ausgabe seines Traité élémentaire d'astronomie physique an. Ich glaubte daher von einer Veröffentlichung meiner Abhandlung absehen zu können.

Da seit jener Zeit die erwähnte Arbeit der Ausgangspunkt für experimentelle und theoretische Untersuchungen über den Zustand und die Vertheilung des Aethers in den festen Körpern geworden ist, welche in verschiedenen Ländern angestellt oder vorgeschlagen worden sind, so hat man mich zu wiederholten Malen zu ihrer Veröffentlichung aufgefordert. Diesem Wunsche konnte ich nicht willfahren, da ich meine Abhandlung verlegt hatte, und erst seit wenigen Tagen hat sich bei Gelegenheit einer nach den Materien vorgenommenen Ordnung meiner Papiere das Originalmanuscript von 1810 wiedergefunden. In Erinnerung an den von den Physikern ausgesprochenen Wunsch habe ich die Akademie um die Erlaubniß gebeten, meine Abhandlung im Sitzungsberichte vom 10. Januar 1853 abdrucken lassen zu dür-

fen, obgleich sie bereits zweiundvierzig Jahre alt ist. Trotz aller ihrer Unvollkommenheiten lasse ich dieselbe hier folgen, ohne ein einziges Wort daran zu verändern.

Die Bestimmung der ungeheuren Geschwindigkeit, mit welcher sich das Licht im Raume bewegt, ist ohne Widerspruch unter die schönsten Ergebnisse der neueren Astronomie zu rechnen. Die Alten hielten diese Geschwindigkeit für unendlich groß, und ihre Auffassung war in diesem Punkte nicht, wie in so vielen anderen physikalischen Fragen, eine reine Speculation ohne Rücksicht auf die Erfahrung; denn Aristoteles beruft sich zur Unterstützung des ausgesprochenen Satzes auf die augenblickliche Fortpflanzung des Tageslichts. Diese Meinung bekämpfte später Alhazen in seiner Optik, aber blos mit Hülfe metaphysischer Schlüsse, denen wiederum Alhazen's Commentator, Porta, welcher die von ihm sogenannte Immaterialität des Lichtes verfocht, sehr schlechte Argumente entgegensetzte. Unter den Neueren scheint Galilei der erste zu sein, welcher die Geschwindigkeit des Lichtes durch Versuche zu bestimmen unternahm. Im ersten seiner Discorsi intorno a due nuove Scienze läßt er einen der drei Sprecher, unter dem Namen Salviati, die sehr scharfsinnigen Experimente anführen, welche er angewandt hatte und zur Lösung der Aufgabe für geeignet hielt. Zwei Beobachter stellten sich mit zwei Lichtern versehen in ungefähr einer Miglie (1650 Meter) Entfernung von einander auf, und sobald der erste in einem beliebigen Augenblicke sein Licht verlöschte, sollte der zweite das seinige in demselben Momente verdecken, wo er das andere nicht mehr sah. Da aber der erste Beobachter das Licht seines Gehülfen in demselben Augenblicke verschwinden sah, in welchem er das seinige verdeckte, so zog Galilei hieraus den Schluß, daß das Licht eine unendlich geringe Zeit brauche, um die doppelte Entfernung der beiden Beobachter zurückzulegen. Aehnliche Experimente stellten für dreimal größere Entfernungen die Mitglieder der Accademia del Cimento an, und zwar mit demselben Erfolge.

Auf den ersten Blick erscheinen diese Versuche recht kleinlich, wenn

man die Größe ihres Gegenstandes berücksichtigt; doch beurtheilt man sie minder streng, wenn man sich erinnert, daß ungefähr um die nämliche Zeit Männer von so allgemein anerkanntem Verdienste wie Lord Bacon der Meinung waren, daß die Geschwindigkeit des Lichtes gleich dem Schalle durch die Stärke und die Richtung des Windes merklich verändert werden könnte.

Descartes, dessen Vorstellungen von der Natur des Lichtes viel Aehnlichkeit mit dem sogenannten Undulationssysteme besitzen, glaubte an die augenblickliche Fortpflanzung des Lichts auf jede Entfernung hin; auch stützt er seine Meinung auf einen aus der Beobachtung der Mondfinsternisse gezogenen Schluß. Man muß in der That einräumen, daß wenn seine sehr geistreiche Argumentation auch nicht die unendliche Geschwindigkeit des Lichtes beweist, daraus wenigstens hervorgeht, daß dieselbe beträchtlicher ist als alle Geschwindigkeiten, welche man durch directe nach der Weise Galilei's auf der Erde angestellte Experimente zu bestimmen sich schmeicheln konnte.

Die häufigen Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten, dessen Auffindung der Entdeckung des Fernrohrs auf dem Fuße folgte, lieferte Römer den ersten Beweis für die successive Fortpflanzung des Lichtes. Die noch sehr unvollkommene Kenntniß von den Bewegungen der übrigen Satelliten, verbunden mit der Schwierigkeit, ihre Verfinsterungen genau zu beobachten, sowie einige unbekannte Störungsungleichheiten, welche sich mit der von der Bewegung des Lichtes abhängenden Ungleichheit combinirten, die Wirkung der letzteren verdeckten, sie weniger deutlich hervortreten ließen und dadurch folglich ihre Erkennung hinderten, hatten zur Folge, daß die Entdeckung Römer's einige Zeit hindurch nicht zur Geltung kam. Dieselbe fand vielmehr erst dann allgemeine Aufnahme, als Bradley nachgewiesen hatte, daß die jährliche Bewegung der Aberration, welcher alle Sterne unterworfen sind, von der vereinten Wirkung der Lichtbewegung und der Ortsveränderung des Beobachters abhängt. Die aus dieser letzteren Erscheinung abgeleitete Geschwindigkeit des Lichtes war von der aus den Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten geschlossenen etwas verschieden; allein die große Vollkommenheit, welche durch die Arbeiten von Laplace die Tafeln erhal-

ten haben, hat eine Revision der früheren Rechnungen gestattet, dergestalt, daß die von Delambre aus der Discussion einer sehr großen Zahl von Trabantenverfinsterungen abgeleitete Aberrationsconstante mit der von Bradley aus seinen Beobachtungen gefundenen vollkommen übereinstimmt.

Als erste Folgerung, die sich aus dieser merkwürdigen Uebereinstimmung ziehen läßt, ergibt sich, daß das Licht sich in dem ganzen Raume, den die Erdbahn einnimmt, gleichförmig oder wenigstens ohne merkliche Aenderung fortpflanzt. Die Excentricität der Jupitersbahn gestattet, dies Resultat auf die ungeheure von ihr umschlossene Fläche auszudehnen. Es liegt ferner die Annahme nahe, daß die Sterne verschiedener Größen ungleichweit entfernt sind; und da ihre aus den directen Beobachtungen abgeleiteten absoluten Aberrationen nahe zu gleich sind, so hatte Bradley daraus geschlossen, daß die Bewegung des Lichtes in allen Entfernungen gleichförmig ist, und die Aberration sämmtlicher Himmelskörper mit derselben Constante berechnet werden kann. Einige Astronomen hatten indeß dies Resultat nicht angenommen; sie stellten die Vermuthung auf, daß die Sterne verschiedener Größenklassen die Strahlen mit verschiedenen Geschwindigkeiten aussenden könnten, und es läßt sich nicht leugnen, daß besonders im Sinne der Emissionstheorie eine solche Idee naturgemäß und wahrscheinlich war. Die directe Beobachtung der Aberration war wenig geeignet, diese Frage in entscheidender Weise zu lösen, weil eine Differenz in der Geschwindigkeit des Lichtes, welche $^1/_{20}$ der gesammten Geschwindigkeit gleichkommt, in der Aberration nur eine Aenderung von 1″ hervorbringen kann; eine Genauigkeit, die zu überschreiten man selbst bei Anwendung der besten Fernröhre nicht hoffen darf. Erinnert man sich aber, daß die Ablenkung, welche die Lichtstrahlen beim schiefen Eindringen in durchsichtige Körper erleiden, eine bestimmte Function ihrer anfänglichen Geschwindigkeit ist, so wird man erkennen, daß die Beobachtung der totalen Abweichung, welche die Strahlen beim Durchgange durch ein Prisma erleiden, eine brauchbare Messung ihrer Geschwindigkeit gestattet. Diese Methode ist überdieß sehr geeignet, geringe Ungleichheiten wahrnehmbar zu machen; denn ein Unterschied in der Geschwindigkeit von $^1/_{20}$ erzeugt, wie sich

leicht darthun läßt, in den Abweichungen einen Unterschied von 2′, selbst unter der Voraussetzung, daß man nur ein Prisma anwendet, dessen Winkel nicht größer als 45′ ist. Dies ist auch der Gang, den ich bei den Versuchen, deren Resultate ich vor länger als vier Jahren die Ehre hatte der Klasse mitzutheilen, eingeschlagen habe; die von verschiedenen Sternen, von der Sonne, dem Monde, den Planeten und den irdischen Lichtquellen ausgehenden Strahlen hatten dieselbe Ablenkung gezeigt; die größten Abweichungen beliefen sich auf 5″, und diese Zahl, welche die Summe der Beobachtungs- und Declinationsfehler darstellt, entspricht nur einer Aenderung von $^1/_{480}$ in der Geschwindigkeit und von $^1/_{24}$ Secunde in der Aberration. Aus diesen Resultaten hatte ich den Schluß gezogen, daß das Licht sich mit constanter Geschwindigkeit bewege, von welchen Körpern es auch ausstrahlen möge, oder daß, wenn irgend welche Unterschiede existiren, dieselben wenigstens in keiner Weise die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen zu stören vermögen.

Seit der Zeit, wo ich meine Abhandlung gelesen, hat Calandrelli in den zu Rom gedruckten Opuscoli astronomici einige Versuche veröffentlicht, welche nach dieser Methode ausgeführt waren und ihn zu denselben Schlußfolgerungen geführt haben, mit Ausnahme des Sonnenlichts, dem er eine eigenthümliche Refraction zuschreibt. Ich habe mich aber überzeugt, daß dies letzte Resultat, dessen Richtigkeit man nicht anerkennen kann, daher rührt, daß der römische Astronom bei der Beobachtung der Fixsterne nach der Mitte des gelben Lichtes visirte; während er dagegen bei der Sonne, wo er gezwungen war, den Rand zu beobachten, auf eine der Endfarben des Spectrums einstellte. Uebrigens dürfte, um unabhängig von diesen Betrachtungen das von mir erhaltene Resultat zu rechtfertigen, die Bemerkung genügen, daß Calandrelli, eben so wie ich, gefunden hat, daß die Flecken des Mondes, welche wir nur durch reflectirtes Licht wahrnehmen, genau um dieselbe Größe abgelenkt werden, wie die Fixsterne.

Im Uebrigen sieht man, daß die Zuverlässigkeit der Schlußfolgerungen, welche man in Bezug auf die Geschwindigkeit des Lichtes aus den mittelst Prismen ausgeführten Beobachtungen zieht, auf der Sicherheit der Annahme beruht, daß eine Ungleichheit in der Ge-

schwindigkeit eine Ungleichheit in der Ablenkung erzeugt, was unmittelbar aus der von Newton gegebenen Erklärung der Brechung folgt. Die angeführten Versuche hatten es mir nicht unwahrscheinlich gemacht, daß dies Prinzip sich werde beweisen lassen; indeß die auf die Gradmessung bezüglichen Arbeiten zwangen mich, diese Untersuchung aufzugeben, die ich erst nach meiner Rückkehr wieder aufnehmen konnte und deren Resultate ich heute der Classe mittheilen will.

Meine Versuche waren kaum vollendet, als das Lesen einer der schönen Abhandlungen, welche Dr. Young in den Philosophical Transactions veröffentlicht hat, mich davon in Kenntniß setzte, daß Robison, Professor der Physik in Edinburg, die Frage nach der Geschwindigkeit des Lichtes von theoretischer Seite betrachtet hatte. Ich fand seitdem in verschiedenen Werken, daß sie von Boscowich, Michell, Wilson und Blair aus verschiedenen Gesichtspunkten untersucht worden war.

Bevor ich von meinen Beobachtungen rede, halte ich es für meine Pflicht, die Vorschläge anzuführen, welche die so eben genannten Physiker in dieser Beziehung veröffentlicht hatten.

Die Idee, durch directe Versuche sich von der Zunahme der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen bei ihrem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres zu überzeugen, mußte naturgemäß sich vielen Physikern darbieten; doch ist meines Wissens Boscowich der erste, welcher in dieser Beziehung einen ausführlichen Entwurf zu Versuchen veröffentlicht hat. Dieser Physiker hatte geglaubt, daß man bei Beobachtung der Fixsterne durch ein mit Wasser gefülltes Fernrohr infolge der Zunahme an Geschwindigkeit, welche die Strahlen beim Eindringen in diese Flüssigkeit erhalten, eine andere Aberration würde finden müssen, als bei einer Beobachtung, wo der Raum vom Oculare bis zum Objective blos mit Luft gefüllt ist. Eben dieser Umstand sollte sehr merkliche Aenderungen in der Lage der irdischen Objecte hervorbringen, die auf diese Weise einer täglichen Aberration unterworfen gewesen wären. Er fand z. B., daß eine im Süden gelegene Mire im Wintersolstitium in 24 Stunden einen Kreis von 5″ Radius beschreiben würde, dessen Centrum der mittleren Lage des Objects entspräche. Indeß ist Boscowich's Schlußfolgerung darin mangelhaft,

daß er vergessen hat, die Brechung und folglich auch die Richtungsänderung in Rechnung zu ziehen, welche die Strahlen beim Uebergange aus Glas in Flüssigkeit in einer auf die Trennungsfläche schiefen Richtung erleiden müsse. Auch kam Wilson, Professor der Astronomie in Glasgow, der in den Philosophical Transactions von 1783 eine Abhandlung veröffentlicht hat, worin er gleichfalls das mit Wasser gefüllte Fernrohr als ein Mittel vorschlägt, um sich von der Richtigkeit der Newton'schen Theorie zu überzeugen, zu gerade entgegengesetzten Resultaten als Boscowich; denn er zeigte, daß die Aberration in einem solchen Fernrohre derjenigen, welche man mit einem gewöhnlichen Fernrohre findet, nur in dem Falle gleich sein würde, wo die Geschwindigkeiten der Strahlen in den dünnen und durchsichtigen Mitteln in dem von Newton angegebenem Verhältnisse ständen. Man muß übrigens bemerken, daß die Nothwendigkeit, denjenigen Instrumenten, welche zur Entdeckung kleiner Größen bestimmt sind, starke Vergrößerungen zu geben, das von Boscowich vorgeschlagene Fernrohr unbrauchbar machen dürfte, weil das Licht eines Sternes, nachdem es eine flüssige Schicht von 3 bis 4 Fuß Dicke durchlaufen hat, wenn nicht gänzlich ausgelöscht, so doch wenigstens beträchtlich geschwächt sein würde.

Die Schwierigkeit, welche in der Beziehung, die uns jetzt beschäftigt, die Bestätigung der Newton'schen Theorie darbietet, entspringt aus dem Prinzipe, welches eine nothwendige Folgerung daraus ist, daß nämlich die Geschwindigkeit des Lichtes in irgend einem durchsichtigen Mittel dieselbe sein muß, welches auch die Beschaffenheit und die Anzahl der Mittel sein möge, die es vorher durchlaufen hat. Man hat indeß zu beachten, daß wenn die brechenden Körper in Bewegung sind, die Brechung, welche ein Strahl erleidet, nicht mehr mit seiner absoluten Geschwindigkeit berechnet werden darf, sondern vielmehr mit dieser Geschwindigkeit vermehrt oder vermindert um die Geschwindigkeit des Körpers, d. h. mit der relativen Geschwindigkeit des Strahls. Da die Bewegungen, welche wir auf der Erde den Körpern ertheilen können, viel zu gering sind, um auf die Brechung des Lichtes einen merklichen Einfluß auszuüben, so muß man in den bedeutend schnelleren Bewegungen der Planeten geeignetere Umstände, um diese Ungleich-

heiten in der Brechung sichtbar zu machen, aufsuchen. Wilson, den ich schon angeführt habe, hatte vorgeschlagen, derartige Beobachtungen zur Erforschung der Translationsbewegung des Sonnensystems anzuwenden; Dr. Blair, dem man eine sehr interessante Arbeit über die Dispersion der Flüssigkeiten verdankt, glaubte, daß die Beobachtung die Ungleichheit in den Geschwindigkeiten, mit welchen die von den beiden Rändern des Jupiter zu uns gelangenden Lichtstrahlen infolge der Rotationsbewegung dieses Planeten um sich selbst reflectirt werden, wahrnehmbar machen müsse, und Robison weist in einer besonderen Abhandlung, worin er diese Frage von der Geschwindigkeit des Lichtes ausführlich untersucht, gleichfalls auf die Beobachtungen der beiden Ränder des Saturnringes hin.

Dies waren die Mittel, welche jene ausgezeichneten Gelehrten zur Lösung eines Problems vorgeschlagen hatten, das in gleichem Maaße den Physiker wie den Astronomen interessirt. Es folgt außerdem aus dem so eben gegebenen historischen Ueberblicke, daß sie mehr bestrebt gewesen waren, den Weg vorzuzeichnen, welchen man, um zu einem entscheidenden Resultate zu gelangen, einschlagen müßte, als Beobachtungen zu unternehmen, deren große Schwierigkeit sie ohne Zweifel voraussahen. Ich habe geglaubt, es dürfe zweckmäßig sein, die Mittel, welche der jetzige Zustand unserer Kenntnisse und die große Genauigkeit unserer Instrumente darbieten, auf die Prüfung einer Frage anzuwenden, deren Resultat einige Data über die wahre Natur des Lichtes darbieten zu müssen schien.

Bei meinen Versuchen habe ich mich bemüht, die Unterschiede merklich zu machen, welche aus der fortschreitenden Bewegung der Erde in ihrer Bahn hervorgehen müssen, weil die Translationsbewegung unseres Sonnensystemes bei ihrer Combination mit jener Bewegung hinreichend große Ungleichheiten hervorrufen konnte. Es ist überdies natürlich, anzunehmen, daß ebenso wie es am Himmel Sterne von verschiedenem Glanze gibt, auch Sterne von verschiedener Größe existiren; und dieser Umstand muß, wie meines Wissens zuerst Michell gezeigt hat, sehr merkliche Unterschiede in der Geschwindigkeit der Strahlen erzeugen, die von diesen verschiedenen Körpern ausgehen. Diese Art von Beobachtungen gestattete mir außerdem mit einem Fernrohre von kurzer Brennweite zu

beobachten, während man unbedingt eine starke Vergrößerung anwenden müßte, um die Ungleichheiten der Planetendurchmesser zu erkennen. Letztere Methode würde ferner erfordern, daß die Prismen sehr vollkommen wären, weil die Mängel des Achromatismus in directem Verhältnisse zu der Vergrößerung stehen. Einige Versuche, die ich bereits mittelst des vortrefflichen Rochon'schen Prismenfernrohrs angestellt, haben mir indeß Hoffnung zum Gelingen gemacht. Einstweilen will ich der Klasse die Resultate der ersten Methode mittheilen, die mir übrigens in allen Beziehungen den Vorzug zu verdienen scheint.

Wenn man durch ein Prisma ein Object betrachtet, so müssen die Ungleichheiten in der Ablenkung, zu denen Aenderungen in der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen Veranlassung geben können, um so beträchtlicher ausfallen, je größer der Winkel des Prismas selbst ist. Wendet man aber einfache oder aus einer einzigen Substanz gebildete Prismen an, so gibt es in dieser Beziehung eine Grenze, die man nicht überschreiten darf; denn wenn auch der Winkel des Prismas nur wenig über 4 bis 5 Grad hinausgeht, so erscheinen doch die Ränder des Spectrums verwaschen, und da der Uebergang einer prismatischen Farbe in die benachbarte in unmerklicher Abstufung erfolgt, so wird man keine Sicherheit haben können, bei jeder Beobachtung auf entsprechende Stellen des Spectrums einzustellen. Die achromatischen Prismen, deren Winkel man beliebig vergrößern kann, erfüllten den beabsichtigten Zweck viel besser.

Das bei meinen ersten Versuchen angewandte Prisma bestand aus einem Crownglas- und einem Flintglasprisma, die in entgegengesetzter Stellung mit einander verbunden waren; die Differenz ihrer Winkel oder der Winkel des Gesammtprismas betrug nahe 24°.

Um so viel als möglich die partiellen Reflexionen, welche das Licht an der Trennungsfläche von Mitteln mit sehr verschiedenen Dichtigkeiten stets erleidet, zu verringern, hatte ich meine beiden Prismen mit dem Mastix, dessen sich die Optiker bedienen, um die Fehler in der Politur der innern Oberflächen der Objective zu vermindern, zusammenkitten lassen. Das Prisma war unverrückbar in einer Büchse angebracht, deren seitliche Zapfen sich in Lagern drehten, so daß man der äußern Fläche diejenige Neigung zu geben vermochte, welche das

Bild am schärfsten machte. Um sicher zu sein, in der Ebene des brechenden Winkels zu beobachten, war es durch einen Mechanismus, dessen Beschreibung zu lang sein würde, möglich gemacht worden, auch eine seitliche Bewegung hervorzubringen. Ich beschränke mich darauf anzuführen, daß der ganze Apparat mittelst starker Schrauben an den äußern Deckel des Fernrohres am Mauerkreise befestigt werden konnte.

Mit dieser Vorrichtung maß ich in derselben Nacht zu verschiedenen Zeiten die Zenithdistanzen zahlreicher Sterne; die Vergleichung dieser Distanzen mit denen, welche durch die Luft beobachtet sein würden, geben die Größe an, um welche das Prisma die Lichtstrahlen aus ihrer Richtung ablenkte. Auf diese Weise wurden die folgenden Tabellen erhalten:

Am 19. März 1810 (Mauerkreis).

Namen der Sterne.	Ablenkungen.
Rigel	10° 4′ 24,16″
α im Orion	25, 5
Castor	24, 6
Procyon	24, 9
Pollux	29, 3
α in der Wasserschlange . . .	22, 6
Regulus	25, 2
Spica in der Jungfrau	21, 4
α in der Krone	22, 8
α in der Schlange	22, 3
Antares	22, 5
ζ im Schlangenträger	24, 0

Am 27. März 1810 (Mauerkreis.)

α im Orion	10° 4′ 33,28″
Castor	27,93
Procyon	32,31
Pollux	32,78
α in der Wasserschlange . . .	28,32
β im Löwen	30,21
Spica in der Jungfrau	26,29
Arktur	28,05
α in der Krone	31,39

Namen der Sterne.	Ablenkungen.
Antares	10° 4′ 28,19″
ζ im Schlangenträger	29,64
γ in der Jungfrau	27,80
δ in der Jungfrau	27,34
ε in der Jungfrau	31,42
δ im Löwen	34,02

Später kittete ich zwei achromatische Prismen, welche dem zu meinen ersten Versuchen benutzten ähnlich waren, zusammen. Um mich indeß bei den neueren Versuchen von der Kenntniß der Declination der Sterne und des Collimationsfehlers, der in meinen Instrumenten mit der Höhe des Fernrohrs und der Refraction veränderlich sein konnte, unabhängig zu machen, wandte ich bei der Beobachtung eine von der frühern verschiedene Methode an.

Das so eben erwähnte neue Prisma wurde an dem Fernrohre eines Repetitionskreises befestigt, jedoch dergestalt, daß die Hälfte des Objectivs frei blieb. Bei dieser Einrichtung konnte ich bald durch die Luft, bald durch das Prisma beobachten. Der wegen der Bewegung der Sterne in der Zeit zwischen beiden Beobachtungen corrigirte Unterschied der beiden Höhen, gab mir dann die Ablenkung, ohne daß es nöthig war, den absoluten Ort des beobachteten Gestirnes genau zu kennen. Indem ich diese Beobachtungen einige Minuten vor dem Durchgange des Gestirns durch den Meridian begann, konnte ich sie hinreichend oft wiederholen, um gleichzeitig die Fehler der Einstellung und der Theilung zu vermindern. Durch dieses Verfahren habe ich die folgende Tabelle erhalten:

Am Repetitionskreise, 8. Oktober 1810.

Namen der Sterne.	Ablenkungen.		
α im Adler.	22°	25′	9″
ein Flecken des Mondes	22	25	9
α im Wassermann	22	25	2
α im Walfisch	22	25	3
Aldebaran	22	25	0
Rigel	22	24	59
α im Orion	22	25	2
Sirius	22	25	8

Ich will jetzt zu den Folgerungen übergehen, welche sich aus allen diesen Zahlen ergeben.

Man sieht zunächst, daß die Ungleichheiten in der Ablenkung im Allgemeinen sehr klein und von der Ordnung derjenigen sind, welche die ohne Prisma gemachten Beobachtungen darbieten. Man kann sie folglich den Beobachtungsfehlern zuschreiben; wir wollen sie aber für den Augenblick als wirklich vorhanden annehmen und zusehen, welchen Ungleichheiten in der Geschwindigkeit sie entsprechen.

Zu diesem Ende nehme ich die analytische Formel, welche die Ablenkung der Lichtstrahlen als Function der Winkel der Prismen und ihrer brechenden Kräfte ausdrückt, differenzire sie in Bezug auf die Geschwindigkeit des Lichtes, die sich in dem Ausdrucke für das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels und des Sinus des Brechungswinkels findet, und erhalte so die Aenderung der Ablenkung als Function einer Aenderung der Geschwindigkeit. Durch diese Rechnung, deren Detail ich nicht vorlesen kann, findet man, daß eine Abänderung um $\frac{1}{10186}$ in der Geschwindigkeit des Lichtes in meinem ersten Prisma eine Aenderung von 6″ in der Ablenkung hervorbringen müßte. Diese Ablenkung würde auf fast 14″ in dem aus vier Theilen zusammengesetzten achromatischen Prisma, das ich vor das Fernrohr des Repetitionskreises angebracht hatte, steigen. Dies waren also die Ungleichheiten in der Ablenkung, die sich hätten ergeben müssen, wenn die Geschwindigkeit der von den verschiedenen durch mich beobachteten Sternen ausgesandten Strahlen unter einander um $\frac{1}{10000}$ differirt hätten. Nun ist die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn grade dieser Zahl gleich; man weiß außerdem, daß die Richtung ihrer Bewegung durch die Sterne geht, welche um 6 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends den Meridian passiren, jedoch dergestalt, daß sie sich den ersteren nähert und dagegen von letzteren entfernt. Die Ablenkung muß im ersten Falle also einer Vermehrung der Geschwindigkeit um $\frac{1}{10000}$, und im zweiten einer Verminderung derselben Geschwindigkeit um $\frac{1}{10000}$ entsprechen, so daß die Strahlen eines

Sternes, welcher Morgens 6 Uhr durch den Meridian geht, weniger stark abgelenkt werden müssen, als die von einem Sterne ausgesandten, welcher um 6 Uhr Abends denselben passirt und zwar um eine Größe, wie sie eine Aenderung von $\frac{1}{5000}$ in der Geschwindigkeit hervorbringt, d. h. um 12 Secunden bei den Beobachtungen am Mauerkreise und um 28 Secunden bei den Beobachtungen am Repetitionskreise. Die Ablenkungen derjenigen Sterne, welche um Mitternacht durch den Meridian gehen, würden zwischen den beiden vorher genannten in der Mitte liegen müssen.

Bei aufmerksamer Durchsicht der vorhergehenden Tabellen findet man nun, daß die Strahlen aller Sterne dieselben Ablenkungen erleiden, ohne daß die geringen Unterschiede, die man darin wahrnimmt, irgend ein Gesetz befolgen.

Dies Resultat scheint beim ersten Blick in offenbarem Widerspruche mit der Newton'schen Theorie der Brechung zu stehen, weil eine wirkliche Ungleichheit in der Geschwindigkeit der Strahlen keine Ungleichheit in den erlittenen Ablenkungen hervorbringt. Es scheint sogar, als ob man hierüber nur durch die Annahme Rechenschaft geben könne, daß die leuchtenden Körper Strahlen mit allen möglichen Geschwindigkeiten aussenden, wofern man noch die Voraussetzung macht, daß diese Strahlen nur auf unser Gesichtsorgan wirken, wenn ihre Geschwindigkeiten zwischen bestimmten Grenzen liegen. Nach dieser Hypothese wird nämlich die Sichtbarkeit der Strahlen von ihren relativen Geschwindigkeiten abhängen, und da eben diese Geschwindigkeiten die Größe der Brechung bestimmen, so werden die sichtbaren Strahlen stets gleich stark gebrochen werden.

Obgleich die vorstehenden Versuche hinreichend sind, um die eben gemachte Annahme zu motiviren, weil man ohne sie dieselben nicht würde erklären können, wird es doch vielleicht nicht überflüssig sein, zu zeigen, daß mehrere andere Phänomene sie ebenfalls nothwendig erscheinen lassen.

Ich will zunächst bemerken, daß ich bei der Berechnung der Differenzen, welche die Ungleichheiten in der Geschwindigkeit erzeugen müssen, nur die Bewegung der Erde in ihrer Bahn berücksichtigt habe,

und daß die Geschwindigkeit unseres Sonnensystemes, indem sie sich mit der erstgenannten combinirt, die Quelle neuer Ungleichheiten werden muß. Einige Sterne müssen sich übrigens im Raume mit recht beträchtlicher Geschwindigkeit bewegen, weil sie trotz der Kleinheit ihrer Parallaxen alljährlich sehr merkliche Verrückungen erleiden. Die Geschwindigkeit der Strahlen, welche sie uns zusenden, wird also die Resultante ihrer ursprünglichen Emissionsgeschwindigkeit combinirt mit der Geschwindigkeit des Sternes selbst sein, und folglich mit der Größe und der Richtung der Bewegung der Sterne variiren. Aber eine der wirksamsten Ursachen für Veränderungen in der Geschwindigkeit des Lichtes scheint doch die ungleiche Größe der Durchmesser der Fixsterne bilden zu müssen.

Durch die Rechnung findet man in der That, daß ein Stern von gleicher Dichtigkeit mit der Sonne, dessen Durchmesser wenige hundert Male größer wäre als der Durchmesser der Sonne durch seine Anziehung die Geschwindigkeit seiner Strahlen gänzlich vernichten würde, so daß sie folglich nicht bis zu uns gelangen könnten. Ein zwanzig Mal größerer Stern als die Sonne würde zwar die Geschwindigkeit der von ihm ausgesandten Strahlen nicht vollständig aufheben, sie aber doch so beträchtlich schwächen, daß man einen großen Unterschied zwischen ihrer Brechung und der Brechung der Sonnenstrahlen finden müßte. Selbst wenn man den Durchmesser eines Gestirns nur anderthalb Mal so groß als den der Sonne annähme, würde die Geschwindigkeit seines Lichtes in der Entfernung, welche uns von ihm trennt, um $\frac{1}{10000}$ vermindert sein, und folglich Ungleichheiten in der Ablenkung erzeugen, die in meinem zweiten Prisma bis 15″ gestiegen wären. Nun dürfte aber die Annahme wenig wahrscheinlich sein, daß Sirius, Wega, Arktur und einige andere Sterne, welche trotz ihres ungeheuren Abstandes mit lebhaftem Lichte glänzen, der Sonne gleich seien. Wie dem auch sein möge, man sieht, daß wenn man nicht, wie ich gethan, annehmen will, daß unter den unzähligen Strahlen von allen Geschwindigkeiten, die von einem leuchtenden Körper ausströmen nur diejenigen, welche eine gewisse Geschwindigkeit besitzen, als Licht wahrgenommen werden, meine Versuche sich nur würden

erklären lassen, wenn man über Gebühr die Dichtigkeit der Sterne oder ihre Durchmesser verringerte; man würde z. B. zu dem auffallenden Resultate gelangen, daß es unter den zahllosen Sternen, womit der Himmel geschmückt ist, keinen einzigen gäbe, welcher die Dichtigkeit der Erde und gleichzeitig ein der Sonne gleiches Volumen besäße.

Es wird vielleicht nicht überflüssig sein zu bemerken, daß die zuvor berichteten Beobachtungen und die zu ihrer Erklärung aufgestellte Annahme sich in sehr merkwürdiger Weise an die Versuche von Herschel, Wollaston und Ritter anschließen. Bekanntlich hat der Erste gefunden, daß außerhalb des prismatischen Spectrums und zwar jenseit des Roth unsichtbare Strahlen existiren, die aber in einem höheren Grade als die leuchtenden die Fähigkeit des Erwärmens besitzen. Die beiden andern Physiker haben fast zu gleicher Zeit entdeckt, daß auf der Seite des Violett ebenfalls unsichtbare Strahlen liegen, welche keine Wärme, wohl aber eine starke chemische Wirkung auf das salzsaure Silber und mehrere andere Substanzen ausüben. Bilden diese letztern Strahlen nicht die Klasse derjenigen, denen nur eine geringe Vermehrung ihrer Geschwindigkeit fehlt, um leuchtend zu erscheinen, und sind die vorhin genannten Wärmestrahlen nicht diejenigen, welche eine zu große Geschwindigkeit bereits der Eigenschaft des Leuchtens beraubt hat? Diese Annahme, wie wahrscheinlich sie auch anfangs erscheinen möge, ist durch meine Versuche nicht in aller Strenge festgestellt; aus ihnen darf man nur den Schluß ziehen, daß die wegen ihrer zu großen oder zu kleinen Geschwindigkeit nicht sichtbaren Strahlen im Spectrum respective denselben Ort einnehmen, wie die Wärmestrahlen und die chemischen Strahlen. Es ist überdies sehr merkwürdig, daß man auf diese Weise durch rein astronomische Beobachtungen zur Kenntniß der jenseits des Spectrums gelegenen unsichtbaren Strahlen hat gelangen können, deren Vorhandensein die zuvor genannten berühmten Physiker nur durch sehr feine Versuche mit sehr empfindlichen Thermometern und durch das Licht in ihren Farben leicht veränderlichen Substanzen entdeckt haben.

Ich habe im Vorstehenden meine Versuche nicht mit dem Undulationssysteme verglichen, weil die Erklärung der Brechung in diesem Systeme auf einer bloßen Hypothese beruht, die sehr schwierig der

Rechnung zu unterwerfen ist, und es mir folglich unmöglich war, in genauer Weise zu ermitteln, ob die Geschwindigkeit des brechenden Körpers auf die Brechung einen gewissen Einfluß habe, und welche Aenderungen derselbe, falls er vorhanden, hervorrufen müsse.

Ich habe mich darauf beschränkt, zu zeigen, daß durch die Annahme, die Lichtstrahlen seien nur sichtbar, wenn ihre Geschwindigkeiten innerhalb bestimmter Grenzen liegen, meine Beobachtungen sich vollständig mit der Newton'schen Theorie vereinigen lassen. Wenn aber die Grenzen, welche die Sichtbarkeit der Strahlen bestimmen, wie wahrscheinlich, für verschiedene Individuen dieselben sind, so muß die ungleiche Dichtigkeit der gläsernen Feuchtigkeit ungleich schnelle Strahlen wahrnehmen lassen. Es würde daraus folgen, daß zwei Personen, welche einen und denselben Stern durch dasselbe Prisma und unter analogen Umständen beobachteten, ihn ungleich abgelenkt sehen könnten. Das Resultat dieses Versuches, wie es auch ausfallen möge, dürfte einige Data über die Art von Empfindung, welche uns die Objecte wahrnehmen läßt, zu liefern im Stande sein. Es schien mir, als ob das einzige Mittel, diese Versuche sehr entscheidend zu machen, in der Anwendung der gekreuzten (croisés) Prismen bestände; denn die Beobachtungen könnten alsdann mit vieler Genauigkeit ausgeführt werden, welches auch die Größe des brechenden Winkels wäre. Ich hoffe also später der Klasse die in dieser Beziehung angestellten Versuche mitzutheilen, sobald die Zeit mir erlaubt haben wird, die Resultate dieser Methode denjenigen beizufügen, die ich bereits mittelst achromatischer Prismen erhalten habe. Für den Augenblick begnüge ich mich mit der Bemerkung, daß ich aus dem Vorstehenden mehrere nicht unwichtige astronomische Folgerungen ziehen kann.

Man sieht: 1) daß die Aberrationen aller Körper, mögen dieselben uns eigenes oder reflectirtes Licht zusenden, mit derselben Constante berechnet werden dürfen, und in dieser Beziehung nicht der geringste Unterschied vorhanden ist, wie ich aus meinen ersten Versuchen geschlossen hatte;

2) daß die Phänome, welche man durch eine Ungleichheit in der Geschwindigkeit des Lichtes erklärt hat, wie z. B. das Erscheinen der Sterne auf der Mondscheibe, einige Secunden vor dem Augenblicke der

Bedeckung, die Verrückungen kleiner Sterne, welche sehr nahe an großen stehen, u. s. w. nicht von dieser Ursache herrühren können;

3) daß die Hypothese, wodurch Piazzi die Differenzen zu erklären versucht hat, welche man zwischen der Schiefe der Ekliptik findet, wenn dieselbe aus den an beiden Solstitien gemachten Beobachtungen hergeleitet wird, mit den Versuchen vollständig unvereinbar ist, weil sie auf die Annahme hinausläuft, daß das Sonnenlicht nicht eben so wie das Sternenlicht gebrochen werde;

4) daß endlich die brechende Kraft der Luft, welche Biot und ich aus der Beobachtung eines irdischen Objectes hergeleitet haben, vollkommen derjenigen gleich sein muß, welche sich ergeben haben würde, wenn wir bei unsern Versuchen nach einem Sterne hätten visiren können. Es war um so wichtiger, den Zweifel, welchen man in dieser Beziehung hegen konnte, zu beseitigen, weil, wie man weiß, jene brechende Kraft das Hauptelement der Refractionstafel ist.

Ueber die Emissions- und Undulationstheorie.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

In diesem Aufsatze beabsichtige ich zu zeigen, wie es möglich ist, in unzweifelhafter Weise zu entscheiden, ob, wie Newton's Ansicht war und die meisten neueren Mathematiker angenommen haben, das Licht aus kleinen Theilchen besteht, welche von den leuchtenden Körpern ausströmen, oder aber ob es blos das Resultat der Wellenbewegungen eines sehr dünnen und elastischen Mittels ist, das die Physiker Aether genannt haben. Das System von Versuchen, das ich jetzt beschreiben will, wird meines Erachtens keinen Zweifel in Betreff der Wahl zwischen den beiden Theorieen mehr gestatten; es wird mathematisch streng (ich gebrauche absichtlich diesen Ausdruck) eine der wichtigsten und meist bestrittenen Fragen der Physik entscheiden.

Uebrigens bildet dieser Aufsatz die Erfüllung einer Art Zusage, die ich 1838 gegen die Akademie der Wissenschaften in einem der geheimen Comités gemacht hatte, und zwar bei Discussion der Ansprüche der von der physikalischen Section zur Besetzung der vacant gewordenen Stelle eines Correspondenten vorgeschlagenen Candidaten.

Ich hatte die bewundernswürdige Methode erklärt, mittelst welcher Wheatstone das Problem der Messung der Geschwindigkeit der Elektricität in metallischen Leitern zu lösen unternommen hat, und kaum die Aufzählung der von diesem scharfsinnigen Physiker gewon-

nenen Resultate beendigt, als mehrere meiner Collegen, deren Namen in solcher Angelegenheit als Autoritäten gelten können, behaupteten, mein Bericht sei zu lobend. Selbst angenommen, es wäre die von Wheatstone für die Geschwindigkeit der Elektricität angegebene untere Grenze gehörig festgestellt, so würde dieselbe, meinten sie, doch keinen merklichen Einfluß auf die Fortschritte der Wissenschaft ausüben; außerdem könnten Grenzwerthe von derselben Ordnung und selbst noch weiter gehende indirect aus verschiedenen elektrischen oder magnetischen Erscheinungen hergeleitet werden. Was die Methode der rotirenden Spiegel beträfe, so schiene sie blos auf die bereits vom Erfinder untersuchten Fragen anwendbar. Diese letztere Ansicht versuchte ich zu widerlegen, indem ich vielmehr der Meinung war, daß das neue Instrument, in passender Weise modificirt, zu Resultaten führen würde, an die Wheatstone nicht gedacht hatte; ich hatte bereits erkannt, daß es, selbst in die engen Grenzen eines kleinen Zimmers eingeschlossen, zur Messung der relativen Geschwindigkeiten des Lichtes beim Durchgange durch die Luft und eine Flüssigkeit würde dienen können. Sehr bald ward es mir aber klar, daß meine Behauptung nur Ungläubige gefunden, worüber zu erstaunen oder mich zu beklagen ich kaum ein Recht hatte. Ich habe, glaube ich, meine Behauptung nach allen ihren Theilen in jenem Aufsatze, den ich hier wörtlich wiederhole, indem ich nur einige andere der Akademie der Wissenschaften später über denselben Gegenstand gemachte Mittheilungen hinzufüge, gerechtfertigt.

Zweites Kapitel.

Princip des experimentellen Verfahrens, das zwischen der Emissions- und Undulationstheorie entscheiden soll.

Fällt ein Lichtstrahl auf einen polirten Planspiegel, so wird er, wie Jeder weiß, unter demselben Winkel, unter welchem er auf die Spiegelfläche auffällt, reflectirt.

Wir wollen jetzt annehmen, daß der Spiegel um die Größe a um den Punkt, wo die Reflexion erfolgt, gedreht werde. Wenn diese Drehung nun z. B. den anfänglichen Einfallswinkel um die Größe a

vergrößerte, so würde sie den anfänglichen Reflerionswinkel um eben so viel vermindern. Letzterer wird also nach der Drehung des Spiegels um die Größe 2a kleiner sein als der erstere; mithin muß man ihn um 2a vergrößern, wenn er dem neuen Einfallswinkel gleich werden soll. Jener Winkel, vermehrt um 2a, wird folglich die Richtung des reflectirten Strahles in der zweiten Lage des Spiegels geben. Bleibt also der einfallende Strahl derselbe, so erzeugt eine Winkelbewegung a des Spiegels eine doppelt so große Bewegung des reflectirten Strahles.

Dieselbe Schlußfolge würde ganz in derselben Weise auf den Fall anwendbar sein, wo die Drehung des Spiegels in entgegengesetztem Sinne erfolgte und sich der erste Einfallswinkel verminderte. Das Princip ist also allgemein; es ist übrigens das allen nautischen Reflerionsinstrumenten zu Grunde liegende.

Die Reflerion auf ebenen Spiegeln kann dienen, um gegebene Lichtstrahlen, ohne ihre relativen Lagen zu ändern, nach allen Gegenden des Raumes hinzuwerfen: zwei Strahlen, die vor der Reflerion parallel waren, sind es auch noch nach derselben; Strahlen, die ursprünglich um 1′, 10′, 20′ u. s. w. gegen einander geneigt waren, bilden nach ihrer Ablenkung durch die Reflerion noch genau dieselben Winkel.

Anstatt eines einzigen Strahles betrachten wir jetzt zwei horizontale von benachbarten Punkten einer und derselben Verticale ausgehende Strahlen, und nehmen an, daß ihre Richtung sie auf zwei Punkte der (gleichfalls verticalen) Mittellinie eines verticalen Planspiegels führt, sowie daß dieser Spiegel sich gleichförmig und continuirlich um eine verticale Are dreht, deren Verlängerung mit der zuvor erwähnten Mittellinie zusammenfällt.

Die Richtung, in welcher die beiden horizontalen Strahlen reflectirt werden, hängt augenscheinlich von dem Zeitpunkte ab, in welchem sie den Spiegel treffen, weil wir vorausgesetzt haben, daß der Spiegel sich dreht. Wenn die beiden Strahlen gleichzeitig von den beiden benachbarten Punkten ausgegangen sind, so werden sie auch gleichzeitig auf dem Spiegel anlangen; ihre Zurückwerfung wird in demselben Augenblicke stattfinden, folglich ebenso, als ob diese Fläche in Bezug auf sie

unbeweglich wäre: ihr ursprünglicher Parallelismus wird also nicht geändert werden.

Sollen die Strahlen, die ursprünglich parallel waren, nach ihrer Zurückwerfung divergiren, so muß der eine von ihnen früher als der andere auf dem Spiegel anlangen; es muß der Gang des ersten Strahles auf seinem Wege vom leuchtenden Punkte zur reflectirenden und rotirenden Fläche beschleunigt werden, oder, was genau dasselbe Resultat geben würde, die Geschwindigkeit des zweiten Strahles eine Verminderung erleiden, während die des ersten constant bleibt; kurz es wird erfordert, daß die beiden Strahlen nach einander, also in zwei verschiedenen, einen merklichen Winkel mit einander bildenden Lagen des Spiegels zurückgeworfen werden.

Nach der Emissionstheorie bewegt sich das Licht im Wasser merklich schneller als in der Luft; nach der Wellentheorie findet das Umgekehrte statt: das Licht geht in der Luft schneller als im Wasser. Man lasse nun einen der beiden Strahlen, z. B. den obern, bevor er auf den Spiegel fällt, durch eine mit Wasser gefüllte Röhre gehen. Ist die Emissionstheorie richtig, so wird dieser obere Strahl in seinem Gange beschleunigt werden, zuerst auf dem Spiegel anlangen, früher als der untere Strahl reflectirt werden, und mit ihm einen gewissen Winkel bilden, wobei die Ablenkung in dem Sinne erfolgt, daß der untere Strahl weiter als der obere vorgerückt, schneller durch den rotirenden Spiegel fortgezogen zu sein scheint.

Lassen wir dieselbe Anordnung fortbestehen, nehmen aber für einen Augenblick das Undulationssystem als richtig an. Die Wasserröhre wird dann den Gang des obern Strahls verzögern; dieser Strahl wird später als der untere den reflectirenden Spiegel treffen; er wird nicht mehr wie zuvor zuerst, sondern zuletzt reflectirt werden, und zwar in einer weiter vorgerückten Lage der polirten spiegelnden Fläche als diejenige, bei welcher der untere Strahl kurz zuvor zurückgeworfen wurde. Diese beiden Strahlen werden unter einander noch denselben Winkel bilden, wie in der ersten Hypothese; nur wird, was wohl zu beachten ist, die Ablenkung gerade in entgegengesetztem Sinne erfolgen; der obere Strahl wird jetzt, immer im Sinne der Rotation des Spiegels, weiter vorgerückt zu sein scheinen.

Ich wiederhole, zwei neben einander auf derselben Verticale gelegene Punkte erglänzen plötzlich vor einem rotirenden Spiegel.*) Die Strahlen des obern Punktes erreichen diesen Spiegel erst, nachdem sie durch eine mit Wasser gefüllte Röhre gegangen sind; die Strahlen des zweiten Punktes gelangen auf die reflectirende Oberfläche, ohne auf ihrem Wege ein anderes Mittel als Luft angetroffen zu haben. Um von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, wollen wir annehmen, vom Platze des Beobachters aus gesehen rotire der Spiegel von rechts nach links. Nun, wenn die Emissionstheorie richtig ist, wenn das Licht aus einer Materie besteht, so wird der obere Punkt links von dem untern erscheinen; dagegen muß er von diesem untern Punkte rechts erscheinen, wenn das Licht durch Schwingungen eines Aethers erzeugt wird.

Anstatt zweier isolirter leuchtender Punkte wollen wir jetzt dem Spiegel eine verticale Lichtlinie darbieten. Das Bild des obern Theils derselben entsteht aus Strahlen, welche durch das Wasser gegangen

---

*) Sollte, wie man geglaubt zu haben scheint, eine fast mathematische Augenblicklichkeit des Lichtes, welches dem rotirenden Spiegel gegenüber gestellt wird, zur Ausführung des vorgeschlagenen Versuchs durchaus nothwendig sein, so hat Wheatstone in der That gezeigt, daß das Licht des elektrischen Funkens, der von einem stark geladenen Conductor ausgeht, nicht $^1/_{1000000}$ Secunde dauert. Uebrigens werden so kurze Lichtblitze keineswegs unumgänglich erfordert. Sobald das Licht nur nicht eine so lange Zeit dauert, als der Spiegel zu einer Umdrehung um sich selbst braucht, oder mit andern Worten, sobald die auf dem rotirenden Spiegel wahrgenommenen Bilder einfach sind, d. h. nicht infolge der Dauer des Lichteindruckes im Auge aus einer Art Uebereinanderfallen mehrerer successiver Bilder hervorgehen, so wird die Beobachtung der relativen Ablenkungen zwischen den beiden Strahlen ausführbar sein; Niemand wird nun aber an der Möglichkeit zweifeln, mit rotirenden Diaphragmen leuchtende Linien oder bloße leuchtende Punkte zu erzeugen, die im reflectirenden Spiegel gesehen, kürzer als $^1/_{1000}$ Secunde dauern.

Ebenso hat man sich geirrt, wenn man annahm, der beobachtete leuchtende Gegenstand müsse eine fast unendlich geringe Breite besitzen. Gesetzt es sei dieser Gegenstand durch zwei scharfe verticale Ränder begrenzt: trotz der Verbreiterung des horizontalen Durchmessers des Bildes, die mit der Dauer des Erscheinens des Gegenstandes unvermeidlich verbunden ist, wird die eine jener Grenzlinien scharf erscheinen und für die Messung der Ablenkungen eine ebenso gute Visirlinie abgeben, als wenn sie allein vorhanden wäre.

sind, während das Bild des untern Theils aus Strahlen hervorgeht, deren ganze Bahn in der Luft liegt. Auf dem rotirenden Spiegel muß dann das Bild dieser einzigen Linie gebrochen erscheinen, es muß aus zwei verticalen Lichtlinien bestehen, die nicht in ihren gegenseitigen Verlängerungen liegen.

Ist das geradlinige obere Bild weniger vorgerückt als das untere, erscheint es links, — so ist das Licht ein Körper.

Findet das Gegentheil statt, zeigt sich das obere Bild rechts, — so besteht das Licht aus Schwingungen.

Theoretisch oder vielmehr speculativ ist alles Vorhergehende richtig. Indeß bleibt jetzt, und dies ist der bedenkliche Punkt, noch zu beweisen, daß trotz der großen Geschwindigkeit von 42000 Meilen, trotz der geringen Länge, welche wir den mit Wasser gefüllten Röhren nur geben dürfen, und trotz der beschränkten Rotationsgeschwindigkeit, die wir den Spiegeln ertheilen können, die relativen Ablenkungen der beiden Bilder (nach rechts oder nach links), deren Eintreten ich nachgewiesen habe, mit unseren Instrumenten nachweisbar sein werden.

Drittes Kapitel.

Welche Rotationsgeschwindigkeit kann man einem Spiegel geben?

Ich will annehmen, der Spiegel mache 1000 Umläufe in der Secunde.

1000 Umläufe in einer Secunde könnten als eine sehr beträchtliche Geschwindigkeit erscheinen; wir brauchen aber darüber nicht zu streiten; dieselbe ist verwirklicht und überschritten worden. Der Spiegel, dessen sich Wheatstone bediente, machte schon 800 Umdrehungen in der Secunde.

Wenn die Rotationsgeschwindigkeit, die man einem sehr kleinen Spiegel von 3 bis 4 Centimeter Breite ertheilen kann, beschränkt ist, so liegt der Grund davon in der Erhitzung und schnellen Abnutzung der Zapfen. Unser scharfsinniger College Gambey, dem ich das Problem vorlegte, hat mir jedoch in bündiger Weise gezeigt, daß alle diese

Schwierigkeiten sich würden überwinden lassen; daß man über Geschwindigkeiten hinausgehen könnte, die bis jetzt nicht überschritten worden sind; daß es gelingen würde, dieselben erforderlichenfalls zu verdoppeln, zu verdreifachen und selbst zu vervierfachen, ohne von der Erhitzung oder Abnutzung der Axen etwas zu fürchten zu haben. Um eine doppelte Geschwindigkeit, eine Geschwindigkeit von 2000 Umläufen in der Secunde zu erhalten, würde es genügen, den jetzigen Rotationsapparat auf einen Zapfen zu setzen, der selbst eine Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen besitzt. Setzt man unter denselben Bedingungen drei oder vier in gleicher Richtung rotirende Axen über einander, so würde man absolute Drehungsgeschwindigkeiten von 3000 und 4000 Umläufen in der Secunde erhalten, ohne daß die relativen Geschwindigkeiten der in Berührung befindlichen Stücke die von 1000 Umläufen überschritten, welche, wie die Erfahrung gelehrt hat, die Axen ertragen können.

Uebrigens habe ich mich ohne Noth in diese Erörterungen über die Möglichkeit, Geschwindigkeiten von 3000 bis 4000 Umläufen in der Secunde zu erzielen, eingelassen; ich werde ihrer nicht bedürfen, vielmehr schon mit bloßen Geschwindigkeiten von 1000 Umdrehungen meinen Zweck erreichen, indem ich ein anderes Mittel erdacht habe, um die Winkelablenkungen, die geschätzt werden sollen, zu vergrößern. Dies Mittel besteht in der Vervielfältigung der Spiegel.

Wenn zwei parallele Strahlen nach einander auf einen rotirenden Spiegel fallen, so bilden sie, wie bereits erläutert, nach ihrer Reflexion einen gewissen Winkel, den ich α nennen will; in den frühern Abstandsbeziehungen ist aber Nichts geändert worden (?); zwischen dem am weitesten vorgerückten dieser beiden reflectirten Strahlen und dem nachfolgenden liegt genau derselbe Zwischenraum, wie zwischen den directen Strahlen; wenn sie also auf einen zweiten Spiegel treffen, der in passender Richtung mit der Geschwindigkeit des ersten rotirt, so wird eine neue Größe α zu der vorhergehenden Ablenkung hinzugefügt, der Winkel zwischen beiden Strahlen also verdoppelt werden. Mittelst eines dritten, vierten u. s. w. Spiegels wird man diesen Winkel also auf 3α, 4α u. s. w. bringen können. Auf diese Weise wird die Reflexion auf ebenen Flächen ein Mittel zur Vergrößerung

von Winkeln, was, beiläufig gesagt, auf den ersten Blick ziemlich paradox erscheinen könnte.

Viertes Kapitel.

Von der Sichtbarkeit der Bilder, deren relative Lagen zur Lösung der gestellten Aufgabe dienen sollen.

Durch Reflexion auf äußerst schnell rotirenden Spiegeln erzeugte Bilder werden natürlich nur sehr kurze Zeit dauern. Wäre nicht denkbar, daß unterhalb einer gewissen Dauer des Lichteindrucks unser Auge für die Wirkung des Lichtes, selbst des intensivsten sich unempfindlich zeigte? Dieser Zweifel läßt sich a priori nicht lösen; glücklicherweise aber hat Wheatstone bei seinen elektrischen Untersuchungen auf dem rotirenden Spiegel reflectirte Bilder elektrischer Funken gesehen, deren Dauer kürzer als $^1/_{1000000}$ Secunde war.

Ich würde, wenn es nöthig wäre, keine größeren Geschwindigkeiten anwenden, als der englische Physiker; in diesem Punkte noch ist die Möglichkeit meines Versuchs vollständig festgestellt, im Nothfalle könnte man ja mit elektrischem Lichte operiren; denn ich habe vor vielen Jahren bewiesen, daß die Strahlen aus beliebiger Quelle, die Strahlen der Sonne und eines Leuchtkäfers, die Strahlen eines Sternes und die Strahlen von faulem Holze u. s. w. genau in gleicher Weise gebrochen werden und folglich auch gleiche Geschwindigkeiten besitzen müssen.

Fünftes Kapitel.

Wird man das Licht durch die Dicken sehen können, wie sie zu dem beabsichtigten Versuche erfordert werden.

Bouguer experimentirte mit dem Lichte einer schwachen Flamme, das durch einen hölzernen mit Wasser gefüllten Canal von ungefähr 3 Meter Länge hindurch ging; außerdem war dieser Canal an seinen beiden Enden durch Glasplatten von mittelmäßiger Beschaffenheit ge-

schlossen. Auf seinem Durchgange durch die beiden Glasplatten und die 3 Meter Wasser wurde das Licht im Verhältniß von 14 zu 5 geschwächt. Es besaß also bei seinem Austritte noch mehr als ein Drittel seiner ursprünglichen Intensität.

Das mitten im Hafen von le Croisic geschöpfte Meerwasser war nicht mit aller nöthigen Sorgfalt filtrirt worden. Bouguer glaubt bei Anwendung aller möglichen Vorsichtsmaaßregeln die Intensität des Lichtes nach dem Durchgange durch 3 Meter Wasser auf $^3/_5$ und selbst $\frac{3,5}{5}$ seiner ursprünglichen Intensität veranschlagen zu dürfen.

Wenn 3 Meter Wasser dem Lichte $^3/_5 = \frac{1}{1,7}$ seiner ursprünglichen Helligkeit lassen, so würden

6 Meter	entsprechen	. . . . .	$\frac{9}{25} = \frac{1}{2,8}$
9 "	"	. . . . .	$\frac{27}{125} = \frac{1}{4,6}$
12 "	"	. . . . .	$\frac{81}{625} = \frac{1}{7,7}$
15 "	"	. . . . .	$\frac{243}{3125} = \frac{1}{12,9}$
18 "	"	. . . . .	$\frac{729}{15625} = \frac{1}{21}$
21 "	"	. . . . .	$\frac{1}{36}$
24 "	"	. . . . .	$\frac{1}{60}$

Bouguer erzählt ferner, daß er in der heißen Zone den Grund des Meeres, wenn er aus weißem Sande bestand, bisweilen bis zu Tiefen von 30 bis 36 Meter gesehen habe.

Sechstes Kapitel.

Zahlenwerthe zum Beweise, daß man ohne Ueberschreitung der für die Geschwindigkeit und die Länge der Flüssigkeitssäule zuvor festgestellten Grenzen die Unterschiede der Winkelablenkungen sichtbar machen kann, welche zwei ursprünglich parallele Strahlensysteme erleiden, wenn sie auf einen rotirenden Spiegel fallen, nachdem das eine derselben durch Luft, das andere durch eine Flüssigkeit hindurchgegangen ist.

Um von vornherein jeden Streit abzuschneiden, will ich annehmen, daß man mit einem guten Fernrohre nach dem Spiegel visire, und dem Winkel, um welchen die beiden Bilder auseinander weichen

müssen, damit der Beobachter sicher ist, daß wirklich eine Ablenkung stattgefunden hat, selbst die enorme Größe von einer Bogenminute beilegen.

Eine Ablenkung um eine Bogenminute wird durch Reflexionen in zwei um eine halbe Minute gegen einander geneigten Lagen des Spiegels entstehen. Wir wollen also zunächst sehen, wie viel Zeit ein Spiegel, der in der Secunde 1000 Umdrehungen macht, zum Durchlaufen einer halben Minute gebraucht.

1000 Kreisumfänge sind 360000 Grade; die Multiplication dieser Zahl mit 60 liefert die Anzahl der in 1000 Kreisumfängen enthaltenen Minuten; dies Product ist 21600000. In einer Zeitsecunde durchläuft der Spiegel also 21600000 Bogenminuten; folglich wird eine Bogenminute in $\frac{1}{21600000}$ Zeitsecunde, und eine halbe Bogenminute in einer um die Hälfte kleineren Zeit, oder in $\frac{1}{43200000}$ Secunde zurückgelegt.

Zwei parallel auf den rotirenden Spiegel fallende Strahlen bilden also unter einander nach ihrer Reflexion einen Winkel von einer Bogenminute, wenn der eine von ihnen um $\frac{1}{43200000}$ Zeitsecunden früher als der andere auffällt.

Wir wollen nun die Zeit durch Längen ersetzen, und berechnen, wie viel Meter der eine Strahl vor dem andern voraus eilen muß, wenn zwischen den Momenten ihres Auftreffens auf den rotirenden Spiegel $\frac{1}{43200000}$ Secunde verfließen soll.

Das Licht der Sonne erreicht in 8^m 13^s oder in 493 Zeitsecunden die Erde.

Der Abstand der Sonne von der Erde beträgt 24000 Erdhalbmesser oder 24000×6366000 Meter.

In einer Secunde durchläuft also das Licht $\frac{24000 \times 6366000}{493}$ $= 48 \times 6366000$ Meter.

Daraus folgt weiter, daß in $\frac{1}{43200000}$ Secunde, oder während

der Zeit, welche der Spiegel gebraucht, um sich um eine halbe Bogenminute zu drehen, das Licht $\frac{48 \times 6366000}{43200000}$ Meter durchläuft. Dieser Bruch beträgt 7,07 oder in runder Zahl 7 Meter.

Damit also zwei parallele Lichtstrahlen nach ihrer Reflexion auf der Oberfläche eines 1000 Umläufe in der Secunde vollendenden rotirenden Spiegels einen Winkel von einer Minute mit einander machen, ist nöthig, aber auch ausreichend, daß der eine um 7 Meter dem andern vorauseile.

Bis jetzt haben wir uns blos mit den Präliminarien des projectirten Versuchs beschäftigt; mit allen den vorstehenden Daten versehen, wollen wir nun aber an die Prüfung der beiden Theorieen des Lichtes gehen.

Die Emissionstheorie fordert, daß das Licht sich beim Durchgange durch eine Flüssigkeit schneller fortbewege, als beim Durchgange durch die Luft, und zwar in dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels. Besteht das Licht dagegen in Wellenbewegungen, so muß es gerade entgegengesetzt sich in der Flüssigkeit langsamer bewegen als in der Luft, und zwar im umgekehrten Verhältnisse eben jener Sinus.

Ist also die Emissionstheorie richtig, so liefern Flüssigkeiten und andere brechende Medien die Mittel, den Gang des Lichtes zu beschleunigen, die Strahlen schneller zu der Spiegelfläche zu führen, als sie sonst zu ihr gelangt sein würden. Dagegen wird ihre Einschaltung gerade den entgegengesetzten Erfolg haben, die Geschwindigkeit der Strahlen vermindern, die Strahlen später die reflectirende Fläche erreichen lassen, als wenn sie sich unausgesetzt in der Luft bewegt hätten, sobald man annimmt, daß das Licht in Schwingungen besteht.

Ein Bündel sehr nahe paralleler Lichtstrahlen, die gleichzeitig von einem entfernten Punkte ausgegangen oder künstlich mittelst einer Linse parallel gemacht sind, sei auf einen rotirenden Spiegel gerichtet, und ein diesen Strahlen paralleles und mit Wasser gefülltes Rohr in ihre Bahn eingeschaltet. Das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels beim Uebergange des Lichtes aus Luft in Wasser, oder was nach der Emissionstheorie auf dasselbe

hinauskommt, das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts im Wasser zur Geschwindigkeit des Lichts in der Luft ist 1,336 : 1,000, oder nahe gleich dem Verhältniß 4 : 3. Da die durchlaufenen Wege sich gerade wie die Geschwindigkeiten verhalten, so legt das Licht, während es die ganze Länge der mit Wasser gefüllten Röhren durchläuft, in der Luft nur $^3/_4$ dieser Länge zurück. Der Unterschied dieser beiden Größen, also $^1/_4$ der Länge der Wasserröhren ist es, der gleich 7 Meter sein muß, wenn man will, daß die beiden Strahlen nach der Reflexion einen Winkel von einer Minute mit einander bilden. Die gesammte Länge der Röhre muß folglich 28 Meter betragen.*)

Ein intensives Licht würde sicherlich durch eine 28 Meter dicke Wasserschicht hindurchgehen; sollte indeß das Bild zu schwach erscheinen, so würde man ein System von zwei rotirenden Spiegeln anwenden können, wo dann $^{28}/_2$ oder 14 Meter Wasser einer Winkelablenkung von einer Minute entsprächen.

Bei Anwendung von drei Spiegeln würden 9,3 Meter dasselbe Resultat geben; bei vier Spiegeln 7 Meter.

Nimmt man unter denselben Voraussetzungen an, daß eine Ablenkung von einer halben Minute bereits merklich wäre, so würden die erforderlichen Längen der Wasserröhren werden:

Bei einem rotirenden Spiegel mit 1000 Umläufen . . .	14,0	Meter
Bei zwei Spiegeln	7,0	„
Bei drei „	4,7	„
Bei vier „	3,5	„

Jede dieser Zahlen würde ferner auf die Hälfte reducirt werden können, wenn, was annehmbar erscheint, das Fernrohr Ablenkungen von einer Viertelminute wahrzunehmen gestattet.

Wählen wir ein stärker brechendes Mittel als Wasser, z. B. Schwefelkohlenstoff, wo das Verhältniß der Geschwindigkeiten in der Luft und in der Flüssigkeit 1,000 : 1,678 sein würde, so gibt dieselbe

*) Eine ähnliche Rechnung auf Grundlage des Undulationssystems würde für die Länge der Wasserröhre, welche einer ebensolchen Ablenkung von einer Minute entspricht, nur 21 Meter geben.

Rechnung für 1000 Umläufe eines einzigen Spiegels in einer Secunde und bei Annahme einer Ablenkung von einer Bogenminute eine Länge der Röhre von 17,4 Meter.*)

Bei 2000 Umläufen oder zwei Spiegeln hat man	8,7 Meter.
Bei 3000 Umläufen oder drei Spiegeln	5,8 „
Bei 4000 Umläufen oder vier Spiegeln	4,4 „

Diese Längen reduciren sich respective auf 8,7, 4,4, 2,9 und 2,2 Meter, wenn man nur Winkelablenkungen von einer halben Minute sucht; und wenn man endlich, woran man wohl denken darf, Ablenkungen von einer Viertelminute hinreichend erkennt, so verringern sich eben diese Längen für einen, zwei, drei und vier Spiegel mit 1000 Umläufen auf 4,4, 2,2, 1,5 und 1,1 Meter.

Siebentes Kapitel.

Mittel, die Aufgabe durch Beobachtung eines einzigen Bildes zu lösen.

Die ganze Reihe der vorstehenden Zahlen bestätigt die Ausführbarkeit des projectirten Versuchs; alle zeigen, daß Ablenkungsphänomene ein entscheidendes Mittel liefern werden, um mit Sachkenntniß zwischen der Emissions- und der Wellentheorie zu wählen. Vielleicht wird man nicht ungern sehen, wie dasselbe Resultat auch mittelst Beobachtung eines einzigen Bildes erhalten werden kann.

Zahlreiche Beobachtungen von veränderlichen Sternen haben mir gezeigt, daß in den Himmelsräumen und ebenso auch sehr nahe in der Atmosphäre die verschiedenfarbigen Strahlen sich mit derselben Geschwindigkeit bewegen. Unter Annahme der Emissionstheorie folgt hieraus nothwendig, daß beim Durchgange durch eine Flüssigkeit die rothen Strahlen sich weniger schnell fortpflanzen als die violetten, und zwar genau im umgekehrten Verhältnisse der Sinus der respectiven Brechungswinkel, die einem gemeinschaftlichen Einfallswinkel entsprechen. Die

---

*) Nach der Wellentheorie würde die Röhre aus Schwefelkohlenstoff, welche dieselbe Ablenkung erzeugte, nur 11 Meter lang zu sein brauchen.

Undulationstheorie fordert ebenfalls, daß zwischen den äußersten Strahlen des Spectrums ein Geschwindigkeitsunterschied existire; nur muß er in entgegengesetztem Sinne eintreten: es sind dann die rothen Strahlen die schneller gehenden.

Dies vorausgeschickt, lassen wir ein weißes Lichtbündel auf den rotirenden Spiegel fallen, nachdem es durch eine lange mit Schwefelkohlenstoff, einer ausnehmend stark zerstreuenden Flüssigkeit, gefüllte Röhre gegangen ist. Die rothen und violetten, und ebenso die zwischen ihnen liegenden orangefarbenen, gelben, grünen und blauen Strahlen werden den Spiegel nicht gleichzeitig erreichen; sie werden also ungleich abgelenkt werden, und infolge dessen nach ihrer Reflexion einen jener regenbogenfarbigen Streifen, welche die Physiker gewöhnliche Spectra nennen, bilden. Soweit ist Alles den beiden Lichttheorieen gemeinschaftlich; der Unterschied tritt aber sofort hervor, sobald man auf die Reihenfolge achtet, in welcher die Farben auf einander folgen: dieselbe muß nämlich in den beiden Theorieen die entgegengesetzte sein. Um zu erfahren, ob das Licht ein Körper ist oder aus Wellenbewegungen besteht, wird man also nur zu untersuchen haben, in welchem Sinne das reflectirte Spectrum liegt; es wird genügen, zu untersuchen, ob je nach dem Sinne der Drehung des Spiegels das rothe Ende nach rechts oder nach links gerichtet ist.

Mögen bei den Versuchen, deren Ausführung ich beabsichtige, elektrische Funken oder successive durch rotirende Schirme verdeckte und wieder frei gemachte Lichtquellen angewandt werden, stets wird, da ihr Aufleuchten nicht bis auf Millionentheile einer Secunde regulirt werden kann, der Fall eintreten, daß ein in einer gegebenen Richtung durch ein Fernrohr mit beschränktem Gesichtsfelde nach dem Spiegel visirender Beobachter das Licht nur zufälligerweise wahrnimmt. Doch füge ich sogleich hinzu, daß wenn man die Lichtblitze sehr oft erneuert, z. B. alle Secunden, und anstatt eines einzigen Spiegels ein verticales Prisma mit 8 bis 12 Flächen rotiren läßt, man durch mehrere in verschiedenen Stellungen befindliche, mit Fernröhren versehene Beobachter jedenfalls zahlreiche und entscheidende Beobachtungen der reflectirten Strahlen erhalten würde.

Achtes Kapitel.

Historisches der Frage. — Ausführung meiner Entwürfe durch mehrere Physiker.

Das Vorstehende enthält die Mittheilung, welche ich im Jahre 1838 der Akademie über den Plan zu Versuchen machte, die ich ausgedacht hatte, um auf directe und entscheidende Weise die folgende unter den Physikern fortwährend streitige Frage zu lösen: ist das Licht eine von den leuchtenden Körpern ausgesandte Materie oder das Resultat der Schwingungen eines sehr dünnen und elastischen Mittels, das man mit dem Namen des Aethers belegt hat?

Die Umstände haben mich veranlaßt, die Frage im Jahre 1850 vom historischen Gesichtspunkte aus zu behandeln. Ich äußerte mich damals folgendermaßen:

Wheatstone war es durch ein scharfsinnig ausgedachtes Verfahren mit einem Apparate, in welchem zum ersten Male ein rotirender Spiegel erschien, gelungen, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität zu bestimmen. Dieses schöne Verfahren schien mir mehr als hinreichendes Anrecht zu gewähren, um Wheatstone einen ausgezeichneten Platz in der Liste der Candidaten für eine in der physikalischen Section vacant gewordene Correspondentenstelle zu sichern. Die Mitglieder der Section, mit denen ich mich in dieser Beziehung nicht in Uebereinstimmung befand, behaupteten, daß die Methode, die ich ihrer Ansicht nach über Gebühr priese, zu keinen andern als den von Wheatstone bereits durchgeführten Untersuchungen würde dienen können.

Ich verpflichtete mich, im Gegensatze zu der Ansicht meiner Collegen, zu beweisen, daß der rotirende Spiegel des englischen Physikers sich zur Bestimmung der relativen Geschwindigkeiten des Lichtes in den Flüssigkeiten und in der Luft, d. h. zur Lösung einer der schwierigsten Fragen der theoretischen Physik würde anwenden lassen.

Dies war der Gegenstand eines im Compte rendu der Sitzung vom 3. December 1838 abgedruckten Aufsatzes.

Dieser Aufsatz zeigte, daß es unter sehr zulässigen Annahmen über die Winkelablenkungen, die mit einem gewöhnlichen Fernrohre

beobachtet werden können, nicht unmöglich wäre, die relativen Geschwindigkeiten des Lichtes in Schwefelkohlenstoff und in der Luft zu ermitteln, ohne daß man zu einer übertriebenen Länge der Röhre und zu einem mehr als 1000 Umläufe in der Secunde machenden Spiegel seine Zuflucht zu nehmen brauche. Der Spiegel, dessen sich Wheatstone bedient hatte, machte bereits 800 Umläufe in dem genannten Zeitraume.

Es war klar, daß bei diesem Beobachtungsverfahren für eine gegebene Winkelablenkung die Länge der mit Flüssigkeit gefüllten Röhre um so kürzer sein konnte, je schneller die Bewegung des rotirenden Spiegels wurde. Aus diesem Grunde wünschte ich diese Rotationsbewegung, welche praktisch gewisse Grenzen nicht überschreiten durfte, durch ein System mehrerer combinirter rotirender Spiegel zu ersetzen.

Wenn die beiden Strahlen, nachdem der eine durch die Flüssigkeit, der andere durch die Luft gegangen ist, auf einen ersten rotirenden Spiegel fallen, so machen sie mit einander einen gewissen Winkel; dieser Winkel wird verdoppelt, wenn diese Strahlen auf einen zweiten in angemessenem Sinne mit derselben Geschwindigkeit rotirenden Spiegel fallen; er wird verdreifacht, wenn diese Strahlen auf einen dritten rotirenden Spiegel fallen u. s. f. Durch Vervielfältigung der Spiegel kann man also zu demselben Resultate gelangen, als wenn ein einziger Spiegel mit einer doppelten, dreifachen... Geschwindigkeit von derjenigen, welche man mit Sicherheit anwenden darf, ohne die Zahnung der Räder zu zerstören und ohne den Axen ihre Härtung zu nehmen, in Umdrehung gesetzt würde.

Mein Freund, Herr Breguet Sohn, übernahm es, diese Idee durch einen Mechanismus, in welchem alle Uebertragungen von Bewegung durch Zahnräder erfolgten, auszuführen; er wandte eine eigenthümliche Art von Verzahnung an, deren erste Idee von White herrührte. Man hat das System aus drei Räderwerken bereits auf einer der ältern Industrieausstellungen ausgeführt sehen können.

Beim Visiren nach dem Bilde, welches von dem durch das dritte Räderwerk getriebenen Spiegel zurückgeworfen wurde, mußten die beobachteten Wirkungen mit denjenigen identisch sein, die ein einziger, 3000 Umläufe in der Secunde vollbringender Spiegel gegeben haben

würde. Von dieser Zeit an war das Gelingen des projectirten Versuchs außer Zweifel gestellt; man konnte nur bedauern, daß durch drei auf einander folgende Reflexionen auf drei verschiedenen Spiegeln das Licht eine merkliche Schwächung erleiden würde. Es blieb daher zu wünschen, daß man das Resultat durch eine einzige Reflexion erzielen möchte; dazu schienen die Versuche, über welche ich jetzt berichten will, zu führen.

Bei seinen Untersuchungen über die Ursachen, welche hinderten, dem Spiegel mehr als 1000 Umläufe in der Secunde zu geben, kam Breguet auf den Gedanken, die letzte Axe von dem Gewichte des Spiegels, den sie trug, zu befreien, und die Axe allein rotiren zu lassen; zu seinem großen Erstaunen gelang es, sie 8000 Umläufe in der Secunde machen zu lassen. Der Umstand, welcher hinderte, dieselbe Axe, wenn sie den Spiegel trug, mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 Umdrehungen in der Secunde rotiren zu lassen, schien klar: es lag, so mußte man glauben, an dem Widerstande der Luft. Ich selbst glaubte an das Vorhandensein dieser Ursache, und alle unsere Gedanken richteten sich auf die Mittel, die Axe im leeren Raume in Umdrehung zu setzen. Zur Aufnahme des rotirenden Apparates wurde sofort ein metallener Recipient construirt, der von mehreren Oeffnungen durchbohrt war; die eine derselben sollte den Lichtstrahlen den Eintritt gestatten, nachdem sie durch die beiden Säulen aus Luft und Flüssigkeit gegangen waren; den andern gegenüber würden die Objective der Fernröhre gestanden haben, die zur Beobachtung der beiden vom rotirenden Spiegel reflectirten Strahlen bestimmt waren. Mittelst Stopfbüchsen wurden zweckmäßige Verbindungen zwischen dem Apparate und dem treibenden Gewichte hergestellt. Ein besonderes Rohr setzte das Innere des Recipienten mit einer Luftpumpe in Verbindung.

Nachdem dies Alles vorgerichtet war, wurde der Apparat auf einem Steinpfeiler im Meridiansaale des Observatoriums aufgestellt. Es blieb nur noch übrig, die Beobachtung zu machen... Der Spiegel drehte sich, alle unsere Erwartungen Lügen strafend, fast nicht schneller im leeren Raume als in der Luft. Dieser Umstand hat wieder einmal die Wahrheit des Sprüchwortes bewährt: „Das Bessere ist der Feind

des Guten." *) Man mußte daran denken, zu dem ursprünglichen, aus drei Räderwerken und drei getrennten Spiegeln bestehenden Apparate zurückzukehren, der nur aufgegeben war, um den reflectirten Lichtbündeln eine starke Intensität zu erhalten.

Die Nothwendigkeit, auf diese erste Versuchsmethode zurückzukehren, machte sich zu einer Zeit geltend, wo mein geschwächtes Gesicht mir nicht mehr gestattete, an solchen Untersuchungen theilzunehmen. Meine Ansprüche müssen sich also darauf beschränken, das Problem gestellt, und die zuverlässigen Mittel zu seiner Lösung nachgewiesen zu haben. Diese Mittel können in der Ausführung Modificationen erleiden, wodurch sie, ohne ihren wesentlichen Character zu ändern, mehr oder weniger leicht anwendbar werden. Ich werde hier einige Details über die Beobachtungen und Vorschläge geben, die mir in Bezug auf diese Versuche gemacht worden sind.

Der erfinderische Wheatstone hatte sich, wie wir oben gesagt haben, begnügt, in seiner schönen in den Philosophical Transactions abgedruckten Abhandlung blos von der Anwendung des rotirenden Spiegels zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Elektricität zu reden. Nach der Veröffentlichung meines Aufsatzes schrieb er mir einen Brief, aus dem ich verschiedene Stellen mittheilen will:

1. Juni 1839.

„. . . Mit großem Vergnügen habe ich Ihren Aufsatz im Compte rendu vom 3. December 1838 über ein System von Versuchen gelesen, wodurch die Emissions- und die Undulationstheorie entscheidenden Prüfungen unterworfen werden können; Ihr Entwurf vereinigt viele scharfsinnige und sehr werthvolle Ideen. Die Folgerungen, zu welchen, wie Sie gezeigt haben, meine Versuche führen, waren früher meiner eigenen Aufmerksamkeit nicht entgangen. Die Anwendung des in Rede stehenden Princips 1) zur Messung der Geschwindigkeit des Lichtes in der Erdatmosphäre, 2) zur Vergleichung dieser Geschwindigkeit in zwei verschiedenen Mitteln, um dadurch zwischen den beiden rivalisirenden Theorieen des Lichtes zu entscheiden,

---

*) Le mieux est l'ennemi du bien.

ist mir sehr früh eingefallen, wenngleich ich darüber Nichts veröffentlicht habe.

„Im Jahre 1833 hatte ich einige Unterredungen über diesen Gegenstand mit Sir John Herschel, bevor er seine Reise nach der südlichen Hemisphäre antrat, und erhielt später einen vom 5. Sept. 1835 datirten Brief vom Cap der guten Hoffnung, in welchem er mir eine eigenthümliche Einrichtung zur Ausführung des letztern Versuchs mittheilt. Mit seiner Erlaubniß lasse ich hier eine Stelle dieses Briefes folgen. In den letzten vier Jahren habe ich mit dem Oberst Colby, Director der trigonometrischen Aufnahme Großbritanniens, ebenfalls mehrfach über die Möglichkeit einer Lösung des ersten Problems unter Benutzung der für die Karte gemachten Messungen gesprochen. Es schien dem von mir entworfenen Plane kein unübersteigliches Hinderniß entgegenzustehen; die Haupthemmnisse seiner Ausführung sind die Schwierigkeit und die Kosten, Meßinstrumente von ungewöhnlicher Einrichtung mit der erforderlichen Genauigkeit herzustellen."

Ich lasse nun einen Auszug aus Herschel's Briefe an Wheatstone, datirt vom 8. September 1835 aus Feldhausen am Cap der guten Hoffnung folgen:

„Da Ihr Princip für die Messung der Geschwindigkeit der Elektricität in gleicher Weise auf die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit anwendbar ist, so möchte ich Ihnen einen Versuch ins Gedächtniß zurückrufen, den ich, wie Sie sich erinnern werden, als einer Prüfung werth angab, als ich das Vergnügen hatte, Sie in Slough zu sehen. Es war folgender: Um durch directe Versuche zu ermitteln, wie groß die Geschwindigkeit des Lichtes nicht blos in der Luft, sondern auch im Wasser ist, und dadurch ein für alle Mal die Frage zwischen der Emissions- und Undulationstheorie zu entscheiden, ist nicht nothwendig, daß Ihr Spiegel in Wasser rotirt. Es genügt, daß das Licht, möge es von der Sonne oder von einer elektrischen Entladung herrühren, nachdem es die verlangte Theilung (wie z. B. durch eine partielle Reflexion auf einer durchsichtigen Fläche) erlitten hat, ein Theil direct durch die Luft, und der andere nach dem Durchgange durch eine (engl.) Meile Wasser, zum Auge gelangt. Die große Schwierigkeit würde darin bestehen, eine Meile recht klares Wasser von gleicher Temperatur zu erhalten;

zu diesem Zwecke würde eine Röhre unterhalb der Erde unentbehrlich sein, und es entsteht dann die Frage, ob man ein Licht von so hoher Intensität würde finden können, daß es, nachdem es die Absorption einer Meile Wasser erfahren hat, noch stark genug wäre, in dem Auge eine Empfindung hervorzubringen. Kurz, es gibt Schwierigkeiten, und wahrscheinlich würden die Kosten groß sein. . . Vielleicht würde Alkohol eine größere Durchsichtigkeit als Wasser besitzen, ohne das Licht zu färben; vielleicht ließen sich auch Mittel finden, um das Licht durch dieselbe Menge Flüssigkeit in einer mäßig langen Röhre mittelst totaler Reflexionen im Innern von Prismen vorwärts und rückwärts oder ganz um ein Quadrat herum zu senden."

Diese Auszüge aus den Briefen von Wheatstone und Herschel geben zu Betrachtungen Anlaß, die hier Platz finden müssen.

Wheatstone hatte ohne allen Zweifel, weil er es erklärt, daran gedacht, die relativen Geschwindigkeiten des Lichtes in der Luft und im Wasser mittelst seines rotirenden Spiegels zu bestimmen; da dieser Gedanke aber in keiner Weise veröffentlicht worden war, so war er für jeden Andern so gut wie nicht vorhanden: die Veröffentlichung ist das einzige Mittel, in solchen Angelegenheiten die Priorität festzustellen. Wheatstone wird nicht unbeachtet lassen, daß ich dieses Princip unlängst zu meinem Schaden in Bezug auf eine seiner sinnreichsten Erfindungen, die sogenannte chromatische oder Polaruhr angewandt habe.*)

Zur Darlegung des Uebelstandes, den es haben würde, in Prioritätsfragen unbestimmte Erinnerungen mancher ältern Unterhaltungen als Führer zu nehmen, will ich nur den Unterschied hervorheben, den man zwischen den Ausdrücken in Wheatstone's und in Herschel's Briefe findet. Der erstere sagt nämlich: „Ich hatte daran gedacht, den in Rede stehenden Unterschied in der Geschwindigkeit zu ermitteln;" der andere schreibt: „Ich gab Ihnen, wie Sie sich erinnern werden, den Versuch an."

Eins geht übrigens mit voller Evidenz aus den vorstehenden Auszügen hervor, daß nämlich die beiden berühmten englischen Physiker zur

---

*) S. oben S. 329.

Zeit ihres Gesprächs durchaus keine realisirbaren Mittel für den Versuch erdacht hatten. Das Licht durch eine Flüssigkeitsschicht von einer englischen Meile, sei es direct oder durch vielfache Reflexionen hindurchzuleiten, ist ein rein theoretisches und ideales Mittel.

Ich füge nur noch ein Wort hinzu: die Veröffentlichung meines Beobachtungssystemes mußte von Wheatstone selbst als ein Grund, davon abzustehen, betrachtet werden; und in der That hat er den Versuch nicht ausgeführt, obwohl er die nöthigen Apparate dazu besaß. Es ist wahr, daß man im Allgemeinen vor den Schwierigkeiten zurückweicht, wenn es sich darum handelt, einen von einem Andern angegebenen Versuch anzustellen, und wenn man ungewiß ist über den Antheil des Erfolges, den das Publicum einem Jeden beilegt. Was meine eigene lange Zögerung in der Ausführung der von mir angekündigten Versuche betrifft, so hat dies zum großen Theile an den Verbindlichkeiten gelegen, die mein Mitarbeiter Breguet der Regierung gegenüber in Betreff der Lieferung elektrischer Telegraphen übernommen hatte, so wie an meinem schon oben angedeuteten Wunsche, mit einem Spiegel zu operiren, der 8000 Umdrehungen in der Secunde machte.

Vielleicht verließ ich mich auch mit Zuversicht darauf, daß Niemand, ohne von mir autorisirt zu sein, einen auf Principien und Verfahrungsweisen, die ich mit den größten Details der Oeffentlichkeit übergeben hatte, gegründeten Versuch ausführen würde.

Nach dem Erscheinen meines Aufsatzes in dem Compte rendu theilte mir Bessel mit, daß ihm eine Modification meines aus drei hinter einander liegenden Räderwerken mit je einem Spiegel bestehenden Apparates eingefallen sei; er ließ die von dem ersten rotirenden Spiegel reflectirten Strahlen nicht mehr auf einen zweiten rotirenden, sondern auf einen feststehenden Spiegel fallen, der sie auf den ersten Spiegel zurücksandte; nach dieser zweiten Reflexion sollten die Strahlen nochmals auf den feststehenden Spiegel fallen, von wo sie zum dritten Male auf den beweglichen Spiegel reflectirt würden u. s. w. Nach der letzten Reflexion auf dem einzigen beweglichen Spiegel wollte Bessel die Winkelablenkung des Strahles beobachten. Diese Methode war allerdings dadurch, daß sie nur ein Räderwerk erforderte, einfacher als die von mir vorgeschlagene, litt dagegen an dem sehr gewichtigen

Uebelstande, das Licht viel mehr zu schwächen, weil sie die Reflexionen auf den feststehenden Spiegeln erforderte, die bei meinem Verfahren nicht vorhanden sind. Der Mittheilung seines Vorschlages fügte der berühmte königsberger Astronom hinzu: „Obgleich mein Verfahren mir einfacher erscheint, so werde ich doch, weil es nur eine Modification des Ihrigen ist, den Versuch nicht ausführen: die Idee des Versuchs gehört Ihnen; Sie haben die Möglichkeit seiner Realisirung nachgewiesen; ebenso wird das Resultat, welches es auch sein möge, Ihnen gehören."

Silbermann machte mir, ohne von der früheren Mittheilung Bessel's Kenntniß zu haben, einen ähnlichen Vorschlag, als der berühmte königsberger Astronom.

Endlich machte mich ein Professor, dessen Namen ich vergessen, indem ich unglücklicherweise in meinen Papieren nur ein Bruchstück seines Briefes aufbewahrt habe, ebenfalls auf einige, an meinem Plane zu Versuchen anzubringende Modificationen, welche die Ausführung erleichtern sollten, aufmerksam.

In diesem Zustande waren die Verhältnisse, als Fizeau durch einen scharfsinnigen Versuch die Geschwindigkeit des Lichtes in der Atmosphäre bestimmte. Dieser Versuch war in meinem Aufsatze nicht angegeben; Fizeau hatte also das Recht ihn auszuführen, ohne sich dem geringsten Vorwurfe eines Mangels an Zartgefühl auszusetzen.

Was den Versuch über die relativen Geschwindigkeiten des Lichtes in einer Flüssigkeit und in der Luft anlangt, so schrieb mir der genannte Physiker: „In dieser Beziehung habe ich noch keinen Versuch gemacht, und werde mich nur auf Ihre förmliche Aufforderung damit beschäftigen." Diese loyale Zurückhaltung konnte nur die Achtung vermehren, welche der Character und die Arbeiten Fizeau's mir eingeflößt hatten, und ich beeilte mich, Breguet zu autorisiren, ihm einen oder mehrere meiner rotirenden Spiegel zu leihen.

Foucault, dessen erfinderischen Geist die Akademie kennt, hat sich von selbst veranlaßt gefunden, seinen Wunsch, eine Modification, die er an meinen Apparaten anbringen wollte, der Prüfung durch den Versuch zu unterwerfen, gegen mich auszusprechen.

Bei dem gegenwärtigen Zustande meiner Augen kann ich nur mit meinen besten Wünschen die Experimentatoren begleiten, welche meine Ideen weiter verfolgen und einen neuen Beweis für die Undulationstheorie dem von mir aus einem Interferenzphänomene hergeleiteten, der den Physikern zu bekannt ist, als daß ich ihn hier anzuführen nöthig hätte, *) hinzufügen wollen.

Neuntes Kapitel.

Richtung der molecularen Bewegungen des Aethers.

Die Polarisationserscheinungen haben die Physiker, welche Anhänger der Wellentheorie sind, zu der Annahme geführt, daß die molecularen Bewegungen des Aethers senkrecht gegen die Axe jedes Lichtstrahles oder gegen die gerade Linie, nach welcher jeder Strahl sich fortpflanzt, erfolgt. Die Hypothese ist nicht sofort angenommen worden; es hat, um zahlreiche Bedenklichkeiten zu überwinden, Nichts weniger als der seltsamen Interferenzerscheinungen bedurft, welche die polarisirten Strahlen darbieten. Indeß habe ich gefunden, daß bereits in früherer Zeit, im Jahre 1672 ein berühmter Gelehrter, Dr. Robert Hooke, die Lichtwellen in der Weise, wie so eben gesagt wurde, annahm, und zwar ohne durch irgend eine experimentelle Thatsache dazu gezwungen zu sein und ohne die geringste Ahnung von der Polarisation und von der Rolle zu haben, welche sie jetzt in den Lichtinterferenzen spielt. Die Stelle des berühmten Verfassers der Mikrographie steht im 3. Bande S. 12 der Geschichte der londoner königlichen Gesellschaft von Birch, und lautet: „The motion of light in an uniform medium, in which it is generated, is propagated by simple and uniform pulses or wawes, which are at right angles with the line of direction.“ (Die Bewegung des Lichtes in einem gleichförmigen Mittel, in dem es erzeugt ist, wird durch einfache und gleichförmige Pulsationen oder Wellen, welche senkrecht gegen die Richtung des Strahles sind, fortgepflanzt.)

---

*) S. oben S. 87 u. 352.

Zehntes Kapitel.

Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes aus verschiedenen Quellen.

Beim Schluß dieses Aufsatzes muß ich mich glücklich schätzen, gesehen zu haben, daß der gefeierte Senior der Akademie, Herr Biot, den Annahmen seine Zustimmung ertheilt hat, durch welche es mir im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts gelang, gewisse Messungen über die Brechung des Lichtes der Sterne in Prismen mit der Emissionstheorie zu vereinigen. Bei diesen Versuchen hatte ich nämlich dieselbe Ablenkung gefunden, als ich durch ein Prisma einerseits solche Sterne beobachtete, nach denen die Erde sich hin bewegte, und andererseits solche, welche auf der entgegengesetzten Seite lagen, obgleich nach der Rechnung der relative Unterschied in der Geschwindigkeit der Strahlen zweier solcher Sterne, da er $\frac{1}{5000}$ (das Doppelte der Geschwindigkeit der Erde) beträgt, einen Unterschied in der Abweichung von nahe 30 Secunden geben sollen.*)

Dieselbe Annahme, daß die leuchtenden Körper Strahlen mit allen möglichen Geschwindigkeiten aussenden, und daß unter allen diesen Geschwindigkeiten eine einzige die Empfindung des Lichtes hervorruft, gibt auch Rechenschaft von der scheinbaren Gleichheit zwischen den Geschwindigkeiten der Strahlen aller Sterne. Eine solche Gleichheit mußte um so mehr erklärt werden, als bei der Annahme, daß das Licht eine Materie sei, die Molecüle, nachdem sie fortgeschleudert worden, der Anziehung des Körpers, von dem sie ausgehen, unterworfen sind, und ohne manchen Sternen unwahrscheinliche Dimensionen beizulegen, die Geschwindigkeit ihrer Strahlen nicht nur auf merkliche Weise geschwächt, sondern auch ganz auf Null reducirt werden könnte.

Ich habe ferner gezeigt, daß ein sehr merklicher Theil des Lichtes, das von weißglühenden festen Körpern ausgeht (z. B. von einer weißglühenden Platinmasse) aus dem Innern des Körpers kommt. Alles, was Auffallendes in der Gleichheit der Geschwindigkeit zweier Strahlen läge, deren einer im Innern der Masse des Platins und der andere an

*) S. oben S. 462 u. 463.

seiner Oberfläche entstanden ist, verschwindet durch die in Rede stehende Hypothese. Nun hat auch Niemand mehr das Recht sich zu verwundern, daß die irdischen Lichter, wie z. B. das Licht eines Leuchtkäfers, genau ebenso gebrochen werden, wie das Licht der Sonne oder der Sterne.

Nur noch einige Worte mögen hier zur Berichtigung eines Irrthums, der in Bezug auf das Historische begangen worden ist, folgen: Man hat drucken lassen, daß meine Beobachtungen von Sternen, die in der Richtung der Translationsbewegung der Erde und in der entgegengesetzten Richtung liegen, auf die Eingebung Laplace's gemacht worden seien. Der gefeierte Mathematiker hat nur nach Anhörung der Vorlesung meiner Abhandlung meinen Untersuchungen seinen Beifall gezollt.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Inhaltsverzeichniß

des siebenten Bandes.
